كراسات الثقافة العلمية



سلسلة غير دورية تعنى بتيسير المعارف والمفاهيم العلمية

# ومضات علمية وتكنولوجية

رؤوف وصفى












**كراسات « الثقافة العلمية »**

سلسلة غير دورية تعنى بتيسير
المعـــارف والمفاهيـم العلميــة

رئيس التحرير أ.د. أحمد شوقى   مدير التحرير أ. أحمد أمين

المراسلات:

المكتبــة الاكاديميــة
شركة مساهمة مصرية
ر.س المال المصدر والمدفوع ١٨,١٨٥,٠٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة
القاهرة  جمهورية مصر العربية
تليفون : ٣٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)
فاكس : ٣٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)




**ومضات**

**علمية وتكنولوجية**

# ومضات

# علميــة وتكنولوجيــة

رؤوف وصفى



الناشر

**المكتبة الاكاديمية**

شركة مساهمة مصرية

٢٠٠٩

## حقوق النشر



الطبعة الأولى ٢٠٠٩م - ١٤٣٠هـ



**المكتبة الاكاديمية**

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصدر والمدفوع ٩,٩٧٣,٨٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون: ٣٧٤٨٥٢٨٢-٣٣٣٦٨٢٨٨(٢٠٢)

فاكس: ٣٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

# كراسات الثقافة العلمية

**هذه السلسلة :**

تمثل تلبية صادقة للمساهمة فى الجهود التى تعنى بتيسير المعارف والمفاهيم العلمية لقراء العربية. إن هذا المجال المهم، الذى نأمل أن يساعد فى إدماج ثقافة العلم ومنهجه فى نسيج الثقافة العربية، يحتاج إلى طفرة كمية ونوعية هائلة، وإلى فرز للجيد والردىء والنافع وغير النافع، بل وإلى كشف الاتجاهات المعادية للعلم، حتى إن قدمت باسم العلم. إننا ننطلق من قناعة كاملة بتقدير ثقافتنا العربية والإسلامية الأصيلة للعلم والعلماء، ومن استناد إلى تاريخ مشرف للعطاء العلمى المنفتح على مسيرة العطاء العلمى للإنسانية فى الماضى والحاضر والمستقبل، ومن تطلع إلى أن نستعيد القدرة على هذا العطاء كى نشارك فى تشكيل مستقبل البشرية، الذى تلعب فيه الثورة العلمية والتكنولوجية دورًا محوريًّا كقوة دافعة ومؤثرة فى الوعى المعرفى للبشر وفى مجمل أنشطتهم ونوعية

حياتهم، بل وفى قدرتهم على الإمساك بزمام أمورهم. وإذا كنا نؤمن بأهمية تحول مجتمعاتنا العربية إلى مجتمعات علمية فى فكرها وفعلها، فإن ذلك لن يتأتى إلا بنشر واسع ومتميز لثقافة العلم بكل أشكالها. ونأمل أن تكون هذه السلسلة، التى تبنتها المكتبة الأكاديمية، خطوة على هذا الطريق.

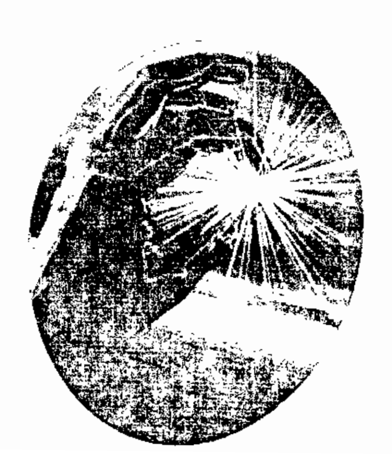
**هذه الكراسة:**

يقدمها واحد من أغزر العاملين فى مجال تبسيط العلوم والخيال العلمى إنتاجًا، وهو الكاتب العلمى رؤوف وصفى، الذى يتميز أسلوبه بالعمق والتدقيق مع السهولة والجاذبية. إنه يحرص على أن يقدم للقارئ العام المهتم بالثقافة العلمية حصاد متابعاته الجادة على شكل معلومات منظمة مدعمة بوسائل الإيضاح المناسبة. وهو يطوف بنا فى هذه المجموعة فى الكون ليحدثنا عما يقوله العلم عن بدايته وطبيعة نسيجه ومادته، ثم الإمكانيات التكنولوجية لتطويعه بما يحقق صالح البشر، أو هكذا يجب أن تكون الأمور!!!.

هذه المجموعة تعد الثالثة من بين المجموعات التى قدمها المؤلف الصديق لسلسلة كراسات الثقافة العلمية، التى ترحب دائمًا بإنتاجه المتميز.

**أحمد شوقى**

**يناير ٢٠٠٩**





## أحدث نظرية عن الكون

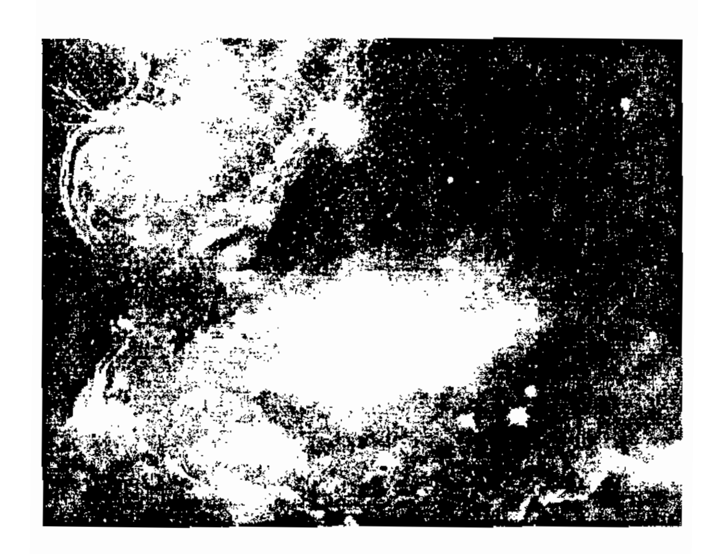
## اصطدام أغشية.. وليس انفجارًا أعظم!

يعد «سيناريو» الإنفجار الأعظم Big Bang، وما صاحبه من «تضخم» Inflation، النظرية القياسية التى تسود الأوساط العلمية فى الوقت الحاضر، باعتبارها تطرح أفضل تفسير لأصل الكون وتطوره.

وتصف هذه النظرية كيف نشأ الكون من نقطة «تفرد» Singularity واحدة ثم أخذ يتمدد بعد ذلك بسرعة تقترب من سرعة الضوء، ثم لم تلبث أن تباطأت إلى معدل معقول للتباعد بين المجرات، نلاحظه الآن فى الأرصاد الأرضية والفضائية.

بيد أنه طرحت حديثًا نظرية بديلة لنظرية الإنفجار الأعظم والكون المتضخم، التى شابها بعض القصور.. ويطلق على النظرية الجديدة «الكون المتجدد» Ekpyrotic،

وتصف المرحلة المبكرة من حياة الكون، حيث لم يكن هناك أى انفجار أعظم! وإنما إصطدام جبار بين «غشائين» Branes كونيين لهما أبعاد متعددة.



وتعتمد نقطة البداية فى تلك النظريات الكونية الجديدة، على تطور علمى حديث فى مجال نظرية الأوتار الفائقة Superstring Theory ، حيث يقول أنصار هذه النظرية أن الجاذبية محصورة بداخل «غشاء» على شكل طبقة رقيقة لها أبعاد إضافية قد يصل مجموعها إلى أحد عشر بعدًا، ولكننا لا نرى كل هذه الأبعاد لأنها ملتفة حول بعضها البعض مثل الحبل المجدول. وهذه الأغشية الكونية الرقيقة مطمورة فى فضاء متعدد الأبعاد.

وتستمد نظرية الكون المتجدد إسمها، من الفكرة الفلسفية الرواقية Stoic للإغريق، بأن الكون تعرض دوريًا للتدمير ثم أعيد خلقه من النار.

ويعتمد جوهر نظرية الكون المتجدد، على أن كوننا نشأ من التصادم المروّع بين إثنتين من تلك الطبقات الرقيقة أى الأغشية. وبعبارة أخرى فإن كوننا الذى بدا باردًا وبدون أى ملامح مميزة لفترة غير محدودة من الزمن، صدمه غشاء كونى،

وحدث ما يشبه إصطداما مروّعًا ببعضهما البعض لعمل «صفعة» عظمى Big Clap .

وأعقب هذا الإصطدام أو «الصفعة» بين الغشاءين الكونيين، توليد الطاقة والمادة والتكوين الذى نجده حاليًا فى كوننا. وفى هذا «السيناريو» فإن الكون لم يبدأ بنقطة تفرد ذات درجة حرارة لا نهائية، وإنما بحجم محدود ودرجة حرارة محدودة، كما كان كوننا فى البداية ساكنًا لكنه بعد الإصطدام أخذ فى التمدد.

ولكى نتفهم جيدًا نتائج وتداعيات هذه الأفكار الجديدة، سوف نبدأ بمراجعة ما يعتبر حاليًا «النموذج القياسى» Standard Model للكون وفقا لسيناريو الانفجار الأعظم وتضخم الكون. يصف هذا النموذج الانفجار الأعظم باعتباره نشأ من «نقطة لا نهائية الطاقة»، وقد انطلقت من الفضاء كنقطة لا نهائية الحرارة والكثافة والطاقة.

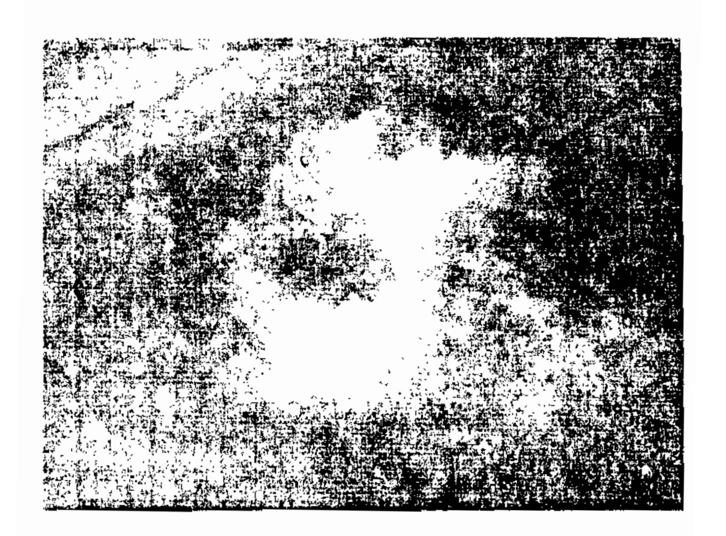
وتكون حينئذ وسط Medium فائق الكثافة والسخونة

والطاقة، وتعاظمت فيه قوى الجاذبية لدرجة أنها «قوّست» الفضاء على نفسه! وعندما كبر حجم الكون، بدأ يبرد. وصنفت تفاعلاته الرئيسية نفسها، إلى قوى قوية Strong وضعيفة Weak وكهرمغنطيسية Electromagnetic وتجاذبية Gravitational.

ولم يلبث «الحساء» الناتج من المادة والنيوترونات Neutrinos والإشعاعات أن برد وإنفصلت مكوناته، وأخذ كل من تلك المكونات يشق طريقًا منفصلاً له. والمكون الإشعاعى – على سبيل المثال – نرصده فى الوقت الحاضر، على شكل خلفية كونية دقيقة Cosmic Microwave Back ground.

أما المادة فقد تجمدت إلى كتل من الغبار، أصبحت فيما بعد مجرات. وتكونت النجوم وإنفجرت بشكل جبار «سوبرنوفا» ونشأت أخرى بحيث تعيد باستمرار تدوير Recycling المادة إلى عناصر أثقل، وتكونت كواكب حول

بعض هذه النجوم ثم خلقنا نحن البشر وقمنا بمحاولة تفسير كل تلك الأحداث التى وقعت قبلنا وأجهدنا أنفسنا لمحاولة الربط بينها، وكانت نتيجة ذلك ما نطلق عليه «الإنفجار الأعظم».



إلا أن هذا المضمون البسيط لنموذج الانفجار الأعظم، يتضمن عددًا من المشاكل ونقاط الضعف، وهى بالتحديد موضوعات «التجانس» Homogeneity و«الإستواء» Flatness و«عدم التجانس» Inhomogeneity و«الأقطاب الأحادية» Monopoles .

فعلى سبيل المثال، لو إفترضنا أن مراقبًا نظر إلى السماء عقب الإنفجار الأعظم مباشرة، فإنه كان سيرى أفق الكون المرئى (وهى المسافة التى عندها يتزحزح بها الضوء – وفقًا لتأثير دوبلر – إلى الطاقة الصفرية Zero Energy وهو منسوب الطاقة لمجموعة من الجسيمات عند درجة حرارة الصفر المطلق) يبعد عنه فقط بمسافة $١٠^{-٣٤}$ مترا!

وبعد الإنفجار الأعظم مباشرة، أصبحت كل منطقة «فارغة» فى هذا الحجم مفصولة فجأة عن المناطق الكثيرة الأخرى المماثلة لها. ومع هذا فإن أفق الكون المرئى حاليًا يضم

$10^{90}$ (واحد وأمامه تسعين صفرًا) من تلك المناطق المفصولة، التى بدأ الآن بعضها فى التلامس العرضى Causal مع بقية كوننا.

ولا يوجد أى سبب معين لضرورة تشابه تلك المناطق البالغ عددها $10^{90}$ مع بعضها البعض. بيد أننا نعرف من قياسات الخلفية الكونية الدقيقة، أن هذه المناطق تختلف عن بعضها البعض فقط بجزء واحد – على الأكثر – من مائة ألف جزء!

وتمثل هذه «السلاسة» الرائعة للكون، غموضًا جوهريًا. ويتساءل علماء الفلك: ترى ما هو السبب فى هذا التشابه الفائق بين الـ $10^{90}$ جزء مستقل من كوننا الحالى؟ وهذه هى مشكلة «التجانس»!

أما مشكلة «الاستواء» فإن الذى يثيرها هو ذلك «الغياب» العجيب لأى تقوس أو إنحناء Curvature ، سواء موجب أو سالب للكون الحالى. وهناك توازن دقيق – تقريبًا

– بين تمدد الطاقة وقوة التجاذب فى الكون فالجاذبية والتمدد غير متوازنين بنسبة ١٪ فقط.

وتتعلق مشكلة «عدم التجانس» بأصول البنية الكونية الملاحظة فى الخلفية الكونية الدقيقة – التى يقال بأنها باقية منذ حدوث الإنفجار الأعظم من نحو ١٣,٧ ألف مليون (أى بليون) سنة – وكذلك فى التركيب الواسع النطاق لكوننا.

أما مشكلة «الأقطاب الأحادية» – أى الأقطاب المغناطيسية ذات القطب الواحد – فإنها تتعلق بالغياب الملحوظ لهذه الأقطاب فى كوننا، فى الوقت الذى كان يجب أن يتم إنتاجها بأعداد كبيرة فى بداية الإنفجار الأعظم.

والحل المقبول فى الوقت الحاضر لتلك المشاكل هو «سيناريو التضخم»، الذى يفترض أنه فى المراحل المبكرة جدًا من الإنفجار الأعظم – ولأسباب لم نتمكن من فهمها حتى الآن – تمدد الكون بمعدل متزايد، وأخذ نصف قطرة يتمدد بأسرع من سرعة الضوء!

وتكمن المشكلة الحقيقية فى «سيناريو التضخم»، فى أنه بينما يعالج عيوب نظرية الإنفجار الأعظم، إلا أنه يبدو «مبتدعًا» ويثير عددًا من الأسئلة الخاصة به، لم يتم حلها حتى الوقت الحاضر.

كما أن نظرية تضخم الكون، قد أقحمت فى نظرية الإنفجار الأعظم، بدون أى تفسير لها، أو تحديد «الآلية الفيزيائية»، التى يمكن من خلالها حل المشاكل الخاصة بها. كما أن هذه النظرية لا تفسر أصل القوة المروّعة التى انتجت التمدد الأولى للكون، ولا السبب فى أنه عمل لبعض الوقت ثم لم يلبث أن توقف!

وبالإضافة إلى ذلك فإن نموذج الانفجار الأعظم والكون المتضخم، يضطرنا لمحاولة فهم قوانين الفيزياء عند زمن «بلانك» Planck الذى يبلغ $١٠^{-٤٣}$ ثانية! (ماكس بلانك هو مؤسس نظرية الكم التى تقول بأن الطاقة

الإشعاعية تنبعث فى كمات طاقة) بالقرب من نقطة التفرد التى بدأ منها حدوث الانفجار الأعظم، حيث الطاقة لا نهائية، لدرجة أنه لا توجد لدينا نظريات أو تجارب ممكنة عمليا حتى نتأكد من حدوثها.



**الكون.. المتجدد**

إن سيناريو الكون المتجدد يعد بديلاً مثيرًا للكون المتضخم، إذ أنه يصف كوننا باعتباره «غشاء مرئيًا» وهو سطح «فائق» Hyper نعيش ونمارس حياتنا فيه. كما يفترض سيناريو الكون المتجدد، وجود «غشاء خفى» Hidden Brane مجاور لنا، أى كون فى غشاء جبار آخر مواز لكوننا، ويبعد عنه بمسافة ثابتة عبر بعدين إضافيين أو أكثر ولعله فى البداية ولفترة طويلة جدًا، ظل الغشاء المرئى، باردًا وساكنًا وفارغًا. ولكن حدث فى لحظة معينة، أن الغشاء الخفى «إنسلخ» من غشاء ذى حجم جبار - يبحر عبر الفاصل الفراغى بأبعاده الإضافية - وإصطدم بعنف بغشائنا المرئى. ونظرًا لوجود تموجات Ripples فى الغشاء الأصلى، فإن الإصطدام يحدث فى أزمان مختلفة قليلاً فى مناطق متباينة من غشائنا المرئى.

وتوجد قوى تجاذب وقوى أخرى تؤثر على الغشاءين قبل وبعد الإصطدام، ويؤدى هذا إلى تقلص المقياس الطولى

فى غشائنا المرئى قبل الإصطدام، ثم تمدده بعد ذلك وببساطة، فإن هذا التقلص والإصطدام والتمدد. هو الذى أوجد الكون المتمدد الذى نلاحظه فى الوقت الحاضر.

الغشاءان المصطدمان كانا فى البداية مستويين Flat بمعنى عدم وجود أى إنحناءات بهما. وظل الكون محتفظًا بذلك الإستواء عقب الإصطدام وأحدثت تموجات الغشاء الجبار، ذلك التوازن بين التجانس والتكوين الواسع النطاق للكون، الذى تلاحظه فى الأرصاد الأرضية والفضائية الحالية.

والكون المتجدد – حتى فى لحظة «الصفعة» العظمى – لم يكن ساخنًا جدًا أو مغلقًا للغاية إلى الحد الذى يجعل نقطة التفرد تنتج الأقطاب الأحادية التى تنبأت بها نظرة الإنفجار الأعظم.

ولذلك فإن سيناريو الكون المتجدد، يعالج كل مشاكل نظرية الإنفجار الأعظم، بدون أن يقحم موضوع «التضخم»

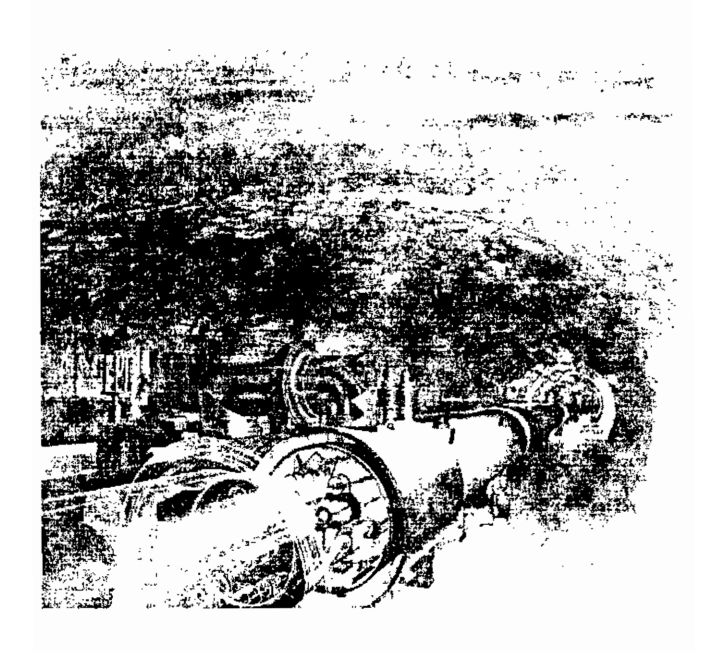
فى سياقه. كذلك تتميز نظرية الكون المتجدد، بأنها لا تشتمل على ظواهر فيزيائية عند مستوى «بلانك» أو أى قوى خفية تظهر ثم تختفى فجأة.

وتصبح نظرية الكون المتجدد مماثلة لنظرية الإنفجار الأعظم عند درجات الحرارة الهائلة، بحيث يتساوى فى كلا النموذجين التطور اللاحق للكون وخاصة فيما يتعلق بتباين وإنفصال القوى الأربع (القوية والضعيفة والكهرمغنطيسية والجاذبية) وتخليق العناصر الخفية وتوليد الإشعاع الخلفى الكونى الدقيق.

إن الاختبار الجوهرى لصحة أى نظرية، يكمن فى إمكان إجراء التجارب العملية على التنبؤات التى تطرحها.. وفى حالتنا هنا، قد نتساءل: هل هناك إختبارات يمكن إجراؤها بحيث تفرق ما بين الكون المتضخم والكون المتجدد؟

الإجابة التى لدينا هى «ربما» إن الفروق الأساسية بين النظريتين تكمن فى طريقة توليدهما لموجات الجاذبية Gravity Waves.

فالكون المتضخم يميل إلى توليد موجات جاذبية ذات طيف «أحمر» تقل شدته كلما قل طول الموجة، بينما يولد الكون المتجدد موجات جاذبية ذات طيف «أزرق» تزيد شدته كلما قل طول الموجة.. وعلى ذلك فإن دراسة الطيف الأساسى لموجات الجاذبية سوف تكون بمثابة إختبار جوهرى لمدى صحة النظريتين. وهذه دراسة مستقبلية تلقى إهتمامًا بالغًا فى الأوساط العلمية الفلكية منذ الآن.



افتتح فى شهر مايو ٢٠٠٨ أعظم جهاز صممه البشر، إنه مصادم الهادرون الجبار The Large Hadron Collider الذى شيد فى «المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية والمعروفة باسم CERN بالقرب من جنيف (سويسرا) ويعد هذا المصادم أكبر محول جسيمات فى التاريخ وقد شارك فى تشييده ألفان من علماء الفيزياء من ٣٤ دولة بالإضافة إلى أساتذة من مئات الجامعات والمختبرات. ويتوقع العلماء أن يتمكن مصادم الهادرون الجبار من محاكاة الظروف التى سادت الكون فى وقت الانفجار الأعظم أو بمعنى آخر إنه آلة الزمن التى سوف تعود بنا إلى بداية الزمن منذ نحو ١٣,٧ بليون عام.

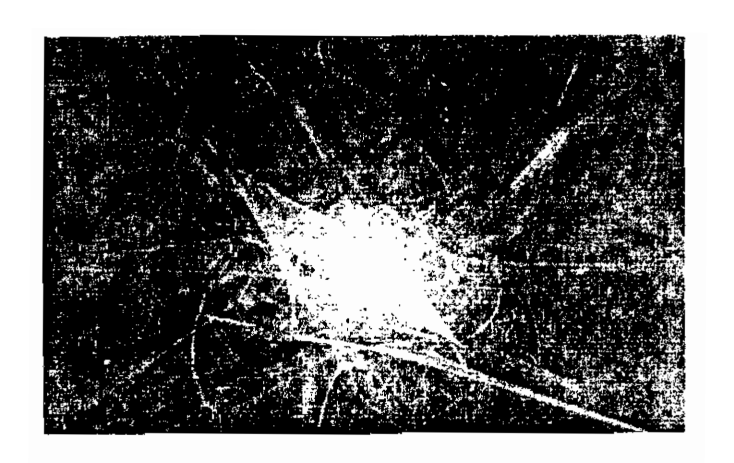
يشغل مصادم الهادرون الجبار نفقا دائريًا هائلاً ويبلغ محيط الدائرة نحو سبعة وعشرين كيلو مترًا، وبعمق يتراوح ما بين خمسين إلى مائة خمسة وسبعين مترًا، ويصل قطر النفق إلى نحو أربعة أمتار وهو من الأسمنت السميك ويقطع الحدود السويسرية – الفرنسية فى أربع مناطق على الرغم من أن

مصادم الهادرون الجبار معظمه فى فرنسا. والمقصود بكلمة «هادرون» تلك الجسيمات دون الذرية الثقيلة المكونة من كواركات مثل البروتونات. وقد شُيّد مصادم الهادرون الجبار تحت سطح الأرض ولكن هناك مبان عديدة ملحقة به توجد فوق الأرض وتحتوى على الضاغطات Compressors «آلات تضغط الهواء والغازات» ومعدات التهوية وإلكترونيات الرقابة والتحكم وغير ذلك ويحتوى نفق المصادم على أنبوبين هائلين تطوقان مغنطيسات فائقة التوصيل «أى تنعدم مقاومتها عند درجات الحرارة المنخفضة» يتم تبريدهما بواسطة الهليوم السائل.

ويطلق كل أنبوب حزمة من البروتونات وتنطلق حزمتا البروتونات فى اتجاهين متضادين حول النفق الدائرى، وتستخدم مغنطيسات إضافية لتوجيه حزمتى البروتونات. وتدور ملايين الملايين من البروتونات فى داخل المصادم الجبار بمعدل يبلغ نحو ١١,٠٠٠ مرة فى الثانية، وتصل سرعتها إلى

٩٩,٩٩٪ من سرعة الضوء كما تبلغ الاصطدامات نحو ٦٠٠ مليون فى الثانية الواحدة! ولأن هـذه التصادمات المروّعة تُحدث حرارة هائلة تزيد كثيرًا عن حرارة باطن الشمس، فهناك نظام تبريد حول نفق المصادم لتخفيض هذه الحرارة اللافحة بواسطة الهليوم السائل، لتصل إلى ما يقرب من الصفر المطلق.

ويبلغ عدد المغنطيسات الفائقة التوصيل فى المصادم أكثر من ألف وستمائة، ويصل وزن معظمها إلى أكثر من سبعة وعشرين طنًا وقبل حدوث التصادمات بين البروتونات يتم زيادة مستويات طاقاتها بواسطة معجلات أخرى كما يلحق بمصادم الهادرونات الجبار ستة كواشف Detectors «الكاشف: أداة للتعرف على التغير فى الضغط أو الإشارة الكهربائية أو النشاط الإشعاعى» وهى مشيدة أيضًا تحت سطح الأرض وتكون مهمتها الكشف عن وجود «بلازما الكوارك - جلون» Quark-Gluon Plasma، والتى سادت فى اللحظات الأولى من الانفجار الأعظم.



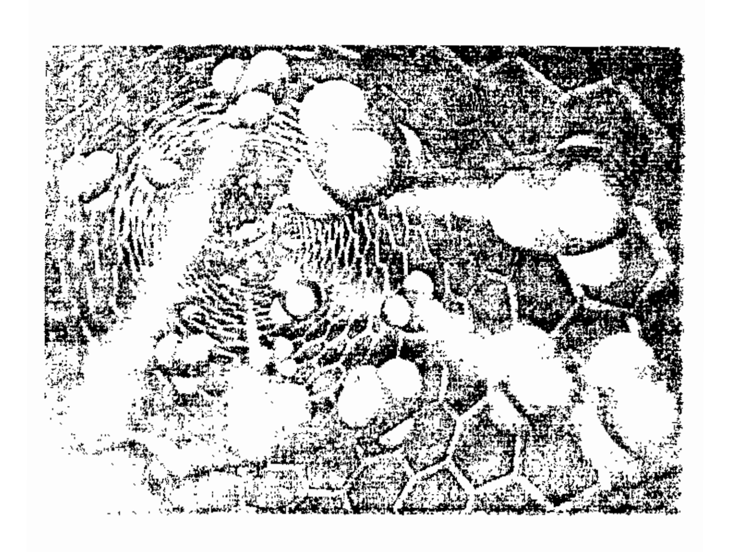
## اللاجسيمات واللاجاذبية.. والنموذج المعيارى

● يعد فهم طبيعة المادة المظلمة Dark Matter الغامضة ذات أهمية بالغة لعلماء الكونيات. ومن المعروف أن المادة المظلمة تكوّن معظم الكون المرئى، وهى تؤثر على دوران المجرات وعناقيد المجرات بالإضافة إلى أنها تتضمن الإجابة

على مصير الكون. ويعتقد بعض العلماء بأن المادة المظلمة عبارة عن مادة لها كتلة ولكنها لا تتصرف كجسيمات، ومن ثم أطلق عليها «اللاجسيمات» Unparticles . وإذا كانت لهذه اللاجسيمات كتلة ولو بالغة الضآلة، فلابد أن يكون لها أيضًا «لا جاذبية» Ungravity، حيث يكون لها تأثير قوى وعلى مسافة قصيرة من المادة فى الكون المرئى. ولابد من وجود معجّل جسيمات ذو قوة جبارة حتى يمكن الكشف عن المادة المظلمة وما يرافقها من طاقة مظلمة وكذلك اللاجسيمات واللاجاذبية، وهذه هى إحدى المهام التى سوف يؤديها مصادم الهادرون الجبار.

● يقوم النموذج المعيارى Standard Model فى فيزياء الجسيمات بتوصيف ثلاث قوى أساسية فى الطبيعة: الضعيفة والقوية والكهرمغنطيسية، بالإضافة إلى توصيف الجسيمات الأولية التى تدخل فى تركيب المادة. وتؤكد كل التجارب على صدق تنبؤات نظرية النموذج المعيارى إلا أن العيب فى هذا

النموذج يكمن فى عدم قدرته على توصيف القوة الأساسية الرابعة وهى قوة الجاذبية.



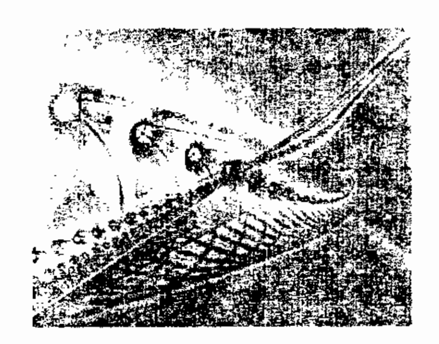
وتنصب كل جهود علماء الفيزياء على صياغة نظرية كاملة، توصف جميع القوى الأساسية الأربع بما فيها الجاذبية.

وتنقسم كل الجسيمات الأولية إلى:

- فرميونات Fermions.
- بوزونات Bosons «البوزونات هى حاملات للقوى والتى تعطى للجسيمات كتلتها».

وتتكون الفرميونات من:

- كواركات Quarks «أعلى – أسفل – فتنة – غريب – قمة – قاع».
- لبتونات Leptons «نيوترينو الإلكترون – الإلكترون – نيوترينو الميون – الميون – نيوترينو التاو – التاو».



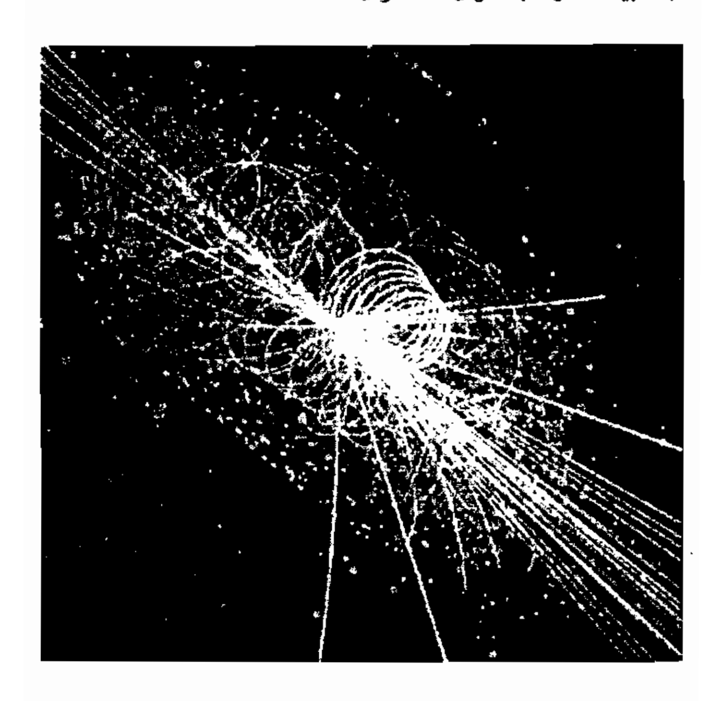
أما البوزونات فتتكون من:

- بوزونات القياس Gauge Bosons «الجلونات – البوزونات Z, W - الفوتونات».

- بوزونات أخرى «بوزون هيجز - الجرافيتون» ويهمنا فى هذه «الغابة» الكثيفة من الجسيمات دون الذرية: بوزون هيجز Higgs Boson الذى يعد وسيطًا أو حاملاً لقوة Force . وقد افترضه لأول مرة الفيزيائى البريطانى «بيتر هيجز» «١٩٢٩-.....» وأضافه للنموذج المعيارى لفيزياء الجسيمات، وأوضح بأن «بوزون هيجز» حاملاً للقوة ويعطى الجسيمات كتلتها.

ويتوقع العلماء أن ينتج مصادم الهادرون الجبار «بوزون هيجز» المراوغ الذى لم يتمكنوا من قبل من العثور عليه «حيا أو ميتا»! إذ يمكن بدراسة بوزون هيجز أن يؤكد وجود «الحلقات المفقودة» فى النموذج المعيارى للفيزياء، كذلك يمكن لبوزون هيجز أن يفسر كيفية اكتساب الجسيمات الأخرى لخصائص مثل الكتلة، بعد الانفجار الأعظم مباشرة.

وإثبات وجود بوزون هيجز سوف يمثل خطوة مهمة فى التوصل إلى النظرية الكبرى الموحدة Grand Unified Theory ، التى تسعى إلى توحيد كل القوى الأربع الرئيسية، كذلك قد يساعد بوزون هيجز على «تفسير لغز ضعف الجاذبية مقارنة بالقوى الأخرى».



كما يتوقع العلماء أن ينتج مصادم الهادرون الجبار – بالإضافة إلى بوزون هيجز – جسيمات أخرى لم يشاهدها أحد من قبل مثل الثقوب السوداء الدقيقة Micro Black Holes «التى ربما تخرج عن السيطرة وتبدأ فى «التهام» كوكب الأرض!!» والمغنطيسات أحادية القطب Monopole Magners وغيرها من الجسيمات بالغة الغرابة.

وعمومًا فإن العلماء يتمنون أن يجيبهم مصادم الهادرون الجبار على الأسئلة الآتية:

- هل يمكن اكتشاف «بوزون هيجز»؟ وما هى طبيعته؟
- هل قياسات كتل الكواركات فى النموذج المعيارى صحيحة ودقيقة؟
- هل للجسيمات المعروفة لنا شركاء في التماثل الفائق Supersymmetric «تناظر فيزيائى يقوم بالمبادلة بين البوزونات والفرميونات. وقد ظهر التماثل الفائق لأول مرة فى نظرية الأوتار».

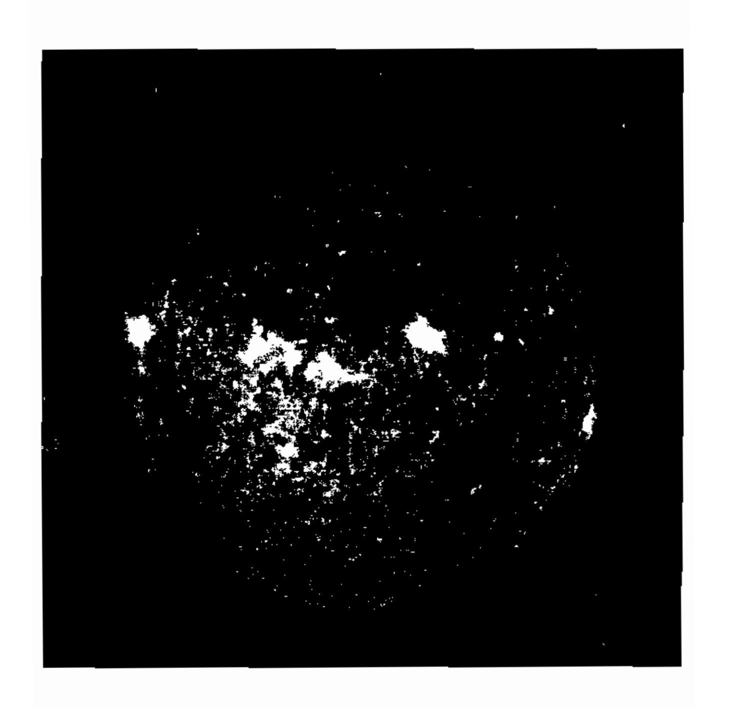
- لماذا توجد كتلة لبعض الجسيمات بينما ليس للجسيمات الأخرى أية كتلة؟

- هل هناك أبعاد إضافية مصاحبة للجرافيتونات Gravitons «جسيمات افتراضية تحمل قوة الجاذبية» كما تنبأت نظرية الأوتار String Theory وهل يمكن رؤية هذه الأبعاد الإضافية؟

- ما هى طبيعة المادة المظلمة والطاقة المظلمة التى تشغل معظم الكون؟

- لماذا تكون الجاذبية أضعف من القوى الثلاث الأساسية الأخرى؟

# زيارة.. إلى نجم ثائر



أصبحت الشمس فجأة «نجمة» تليفزيونية وإذاعية وصحفية، وكأنها لم تكن موجودة من قبل! إذ يسلط عليها العلماء الآن – فى كل وسائل الإعلام – «الضوء» باعتبارها مصدرًا لأشعة بالغة الخطورة، هى الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet التى أخذت تتسرب كلص خفى من ثقب الأوزون، لتهددنا بأمراض خطيرة مثل السرطان. فما هى الشمس تلك الصديقة.. العدوة؟

## دوامات.. وتدفقات.. وأعاصير

الشمس هى العضو الرئيسى فى الأسرة الشمسية وتعد من النجوم متوسطة الحجم (قزم أصفر) ومن فصيلة نجوم التتابع الرئيسى Main Sequence ، أى النجوم التى مازالت فى مرحلة الشباب. والشمس بكواكبها وأقمارها وباقى أفراد أسرتها من الأجرام الفضائية الأخرى، مجرد جزء ضئيل للغاية من مجرتنا «الطريق اللبنى» Milky Way وتدور المجموعة الشمسية كلها حول مركز تلك المجرة، وتتم دورة كاملة فى

٢٥٠ مليون سنة تقريبًا، بسرعة تبلغ ٢٢٠ كيلو مترًا فى الثانية، وتسمى هذه الدورة بالسنة الكونية Cosmic Year . ويبلغ قطر الشمس حوالى مليون و٣٨٤ ألف كيلو متر وتزيد الجاذبية فوق سطحها ٢٨ مرة عن جاذبية سطح الأرض، كما يبلغ عمر الشمس نحو خمسة آلاف مليون عام، ولنقترب أكثر من الشمس. يبدو قرص الشمس للناظر إليه من الأرض محدودًا نتيجة للبعد، ولكن فى حقيقة الأمر أن حجم الشمس يزيد على حجم الأرض أكثر من مليون مرة. ومن أجل أن تبقى الشمس نجما مستقرا، يلزم لها الاحتفاظ بنوع من التوازن بين جاذبيتها والضغط الهائل الناتج عن درجة الحرارة المروّعة فى داخلها، فلولا وجود ما يعادل قوة الجاذبية التى تضم الغاز إلى بعضه، لما كان هناك ما يمنع الشمس من الانكماش إلى الداخل، وأيضًا لولا الجاذبية التى تمنع الغاز المتأجج داخل الشمس من التمدد، لانفجرت الشمس وتبعثرت فى الفضاء.

وواقع الأمر أن القوتين تعملان معًا، بحيث تحقق الشمس تعادلا دقيقا بين اندفاع الغاز الساخن فى الداخل والخارج، والانكماش إلى الداخل بفعل الجاذبية، وعند دراسة قرص الشمس وتصويره - خاصة وقت الكسوف - يمكن ملاحظة ألسنة شمسية ممتدة خارج قرصها المضيء، وتمتد هذه الألسنة المندلعة إلى آلاف الكيلومترات خارج القرص وهى تنبثق وتتشتت فى كل الاتجاهات، وبسرعات مذهلة تقترب من مليون كيلو متر فى الساعة الواحدة!



وتأخذ هذه الألسنة أشكالاً غريبة، كما أنها قد تنفصل عن الأجزاء السفلية من قرص الشمس. ولكــن ليست كل هذه الاندلاعات متحــركة بهذه الســرعة الهائلة، إذ أن بعضها يظهر هادئًا كنتوء بارز من قرص الشمس فى غير حركة سريعة، ويكون متوسط ارتفاعه حوالى ٨٠ كيلو ألف كيلو متر.

وهنا يتبادر سؤال وهو: مم تتكون هذه الألسنة الجبارة؟

للإجابة عن هذا السؤال يستخدم العلماء جهاز المطياف الشمسى Spectro-Helio-Graph الذى يستخدم لدراسة الشمس ومكوناتها والتعرف على طبيعاتها الثائرة. ويقسم العلماء الشمس وغلافها الجوى إلى طبقات أو محيطات يمتد آخرها إلى ملايين الكيلومترات فى الفضاء وعندما ننظر إلى قرص الشمس أثناء الشروق أو عند الغروب، يظهر لنا سطحه الأملس الخالى من التجعدات والنتوءات، وكأنه ينعم بالهدوء والتجانس، ولكن هذا ليس فى الواقع إلا خداع نظر، فالشمس أقرب ما تكون إلى محيط هائل ثائر متلاطم

الأمواج.. ومسرح لأشد أنواع الدوّامات والتدفقات والأعاصير والعواصف المغنطيسية وزوابع الحمم والتفجرات، كلها تجتاح الشمس فى جميع أجزائها والشمس لا تنفرد – دون غيرها من النجوم – بهذه الظواهر العنيفة، بل إن الحال فى كثير من النجوم الأخرى أعنف حركة وأشد ثورة.



يرجع السبب فى وجود الغلاف المضئ المحيط بقرص الشمس إلى وجود غاز الهيدروجين الذى يكوّن الطبقة المكونة لجو الشمس، ويعرف هذا الغلاف باسم «الكروموسفير» Chromosphere أى (الطبقة الملونة)، وقد اكتسبت هذه التسمية من تلك الصبغة الوردية التى تستمدها من الهيدروجين، والتى تبدو واضحة فى حالة الكسوف الكلى للشمس، عندما يحجب القمر قرص الشمس، فتبدو طبقة الكروموسفير كحزام أحمر يحيط بظل القمر، ويظهر فى صورة تاج أو إكليل مضىء فى بهاء لامع ويقدر عمق هذا الإكليل أو تاج الشمس Corona حوالى ٤٨٠ ألف كيلو متر. وأبعاده ليست منتظمة، وقد تمتد منه انبثاقات طويلة تسمى الألسنة الشمسية، تبرز من وراء الطبقة الغازية خارج «حافة» الشمس.

إن إكليل الشمس جزء من الأجواء العليا للشمس وهو مكوّن من إلكترونات طليقة تبلغ سرعتها حوالى ١١ مليون

كيلو متر فى الساعة. وإكليل الشمس لا يرى فى الحالات العادية، لأن ضوء الشمس يحجبه ولكن يمكن مشاهدته بوضوح أثناء الكسوف الكلى للشمس.

ويفسر بعض علماء الفلك وجود هذا الإكليل - الشبيه بالقناع - بأن ذرات العناصر المختلفة تمتص جزءًا من ضوء الشمس وتمسك به مؤقتًا، ثم تطلقه مرة أخرى. وكل ذرة عندما تقوم بهذا، ترسل ضوءًا بشكل لون مميز، وعلى ذلك فإن طاقة الشمس بهذه الطريقة يتم امتصاصها ثم إطلاقها ثانية، وعليها «طابع» الذرة التى امتصتها ويمكن بواسطة المطياف تحليل ضوء الإكليل إلى ألوان متباينة.

وترتفع درجة حرارة الإكليل والكروموسفير بسبب تلك الانفجارات التى تحدث فى الطبقات الداخلية مثل طبقة الفوتوسفير Photosphere أو الطبقة الضوئية، وهى الجزء الخارجى المشع للضوء، ويبلغ عمقه نحو ٤٠٠ كيلو متر ومن هذه الطبقة ينتج القسم الأكبر من الضوء والحرارة اللذين نستقبلهما على الأرض.

أن الفوتوسفير جحيم رهيب، ترتفع إليه من الداخل غيوم عملاقة محملة بالحرارة اللافحة، كما أنه ذو سطح ملئ بالملايين من الخلايا أو المراكز البراقة. وكل منها يبدو كانفجار قنبلة عملاقة، ممتدة على بقعة قطرها حوالى ٨٠٠ كيلو متر، وهذه الينابيع الشمسية هى التى ترفع من درجة حرارة الكروموسفير والإكليل الشمسى. إن الكروموسفير هو عبارة إذن عن نطاق تسوده حركات عمودية شديدة، فخلاله لا تنتقل طاقة الشمس فقط، وإنما أيضًا البروتونات والجسيمات التى تصبح جزءًا من الرياح الشمسية التى تنطلق من الشمس.

والكروموسفير أيضًا هو المكان الذى يولد فيه «التأجج الشمسى» Solar Flare، وهى المنطقة المحلية التى ترتفع درجة حرارتها. وكثيرًا ما يكون ذلك فجأة إلى درجة غير عادية وقد تغطى مساحة كبيرة من سطح الشمس كله، والتعليل المرجح لهذا الارتفاع المفاجئ فى الحرارة، هو إن ثمة اضطرابًا مغنطيسيًا ينتج جسيمات سريعة الحركة تصطدم بمادة الشمس العادية.

وعند حدوث التأجج الشمسى كثيرًا ما تقذف الشمس جسيمات سريعة الحركة فى اتجاهات متزايدة الاتساع، ومن السهل تمييز ما يصل من هذه الجسيمات المنطلقة ناحية الأرض، والتأججات الكبيرة فقط هى التى تتولد عنها عواصف من البروتونات، وسحب من الجسيمات المشحونة تتداخل مع الاتصالات اللاسلكية على الأرض، كما تشكل خطورة على رواد الفضاء وسكان كوكب الأرض. وتختزن التوهجات الشمسية كميات مروعة من الطاقة، الأمر الذى يبدو واضحًا فى ذلك الطوفان الهائل من الجسيمات المشحونة التى تقذف بها فى الفضاء... وإلى كوكب الأرض.

إن الشمس مازالت لغزًا كونيًا، والأمر يحتاج إلى المزيد من الأرصاد الفلكية – خاصة بواسطة التلسكوبات الفضائية – للتعرف على أسرارها الغامضة.



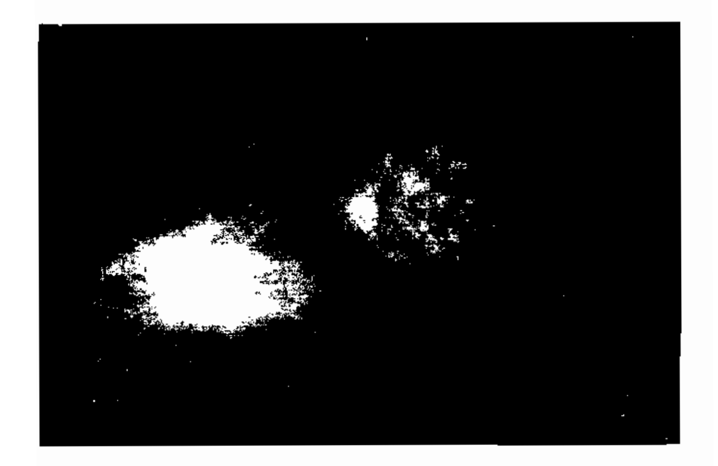
يمكن النظر إلى الثقب الأسود كأغرب الأجسام السماوية المعلقة فى الفضاء، إنه كمصيدة كونية تلتهم كل ما يصادفها فى طريقها، ولا يكون للمواد المسحوقة الخفية أى أمل فى الهروب، حتى الضوء بسرعته المروّعة (٣٠٠٠٠٠ كيلو متر فى الثانية) لا يستطيع أن ينفذ من براثن شباك الثقب الأسود!

إن كل ما يهبط إلى الثقب الأسود، يترك عالمنا إلى الأبد – على الأقل بنفس الشكل الذى هبط به – فى داخل مصيدة فضائية ساكنة حالكة الظلام، حيث يتوقف الزمن. كل هذا يحدث، لأن المواد والغازات التى كانت النجوم قد ولدتها فى الفضاء، قد انهارت وانضغطت وتكدست وأحاطت نفسها بمجالات رهيبة من موجات الجاذبية، تؤثر بها على كل ما حولها، مع الأخذ فى الاعتبار «إشعاع هوكنج» Hawking Radiation كمرحلة لاحقة.

وبالنسبة لعالم فلكى يعكف على رصد الفضاء، لا يبدو المصير المحتوم للمواد ملحوظًا، فإن كويكبا غافلاً فى الفضاء «يقتنصه» أحد الثقوب السوداء، لن يشاهد وهو يدخله بل سيبدو مجمدًا على سطح الثقب الأسود (أى أفق الحدث Event Horizon)، من وجهة نظر مراقب خارجى. والسبب فى ذلك يرجع إلى قوة الجذب الهائلة، التى تمسك بتلابيب الضوء فلا تسمح إلا بقدر ضئيل، يقل كثيرًا عما تسمح بإطلاقه القوانين الفيزيائية المعروفة. ولهذا يظل المراقب الخارجى يشاهد الكويكب «مجمدًا» على أفق الحدث بينما هو فى الحقيقة، فقد أبتلع داخل الثقب الأسود فى جزء من الثانية!

وإذا كانت الثقوب السوداء تبدو ثابتة ساكنة Stationary ، عندما تكون بعيدة عنا، فإنها سرعان ما تنبذ جمودها عند اقترابنا منها، ونجد أنها تلتهم أى شىء يدنو منها، حقّاً إنها رفات نجوم مكدسة منهارة، ولكنها أصبحت –

حتى بعد الموت – مصيدة فضائية لرفات نجوم أخرى، تصدر أشعة إكس عند التهامها، كما تترك قرصًا كثيفًا من بقايا موادها.. تحيط بأفق الحدث.



إن احتمال تعرض الشمس أو حتى كوكب الأرض، لمصير الالتهام بواسطة ثقب أسود، هو احتمال ضئيل للغاية. ذلك أن فرصة تعرضنا لمثل هذا المصير - بالوقوف مباشرة فى طريق ثقب أسود فى الكون - هو كاحتمال صدامنا مع نجم صغير متجول بالقرب من مجرتنا.

مع هذا، يرى بعض علماء الفلك أن فرصة صدامنا مع أحد الثقوب السوداء قد تحدث، وعندها لابد من حدوث بعض الظواهر العنيفة كدلائل، مثل الزلازل المدمرة والانفجارات المروعة وتصدع كوكب الأرض، وهذه هى التى تنذرنا بقرب هذا الخطر الكونى الداهم. وقد تكون حولنا فى مجرتنا «الطريق اللبنى» ثقوب سوداء أكثر مما ندرك. إن البشرية لم تحفل بهذا الخطر الرهيب من قبل، ولكن يجب علينا الآن أن ندرس بإمعان، إمكان حدوث اصطدام مع ثقب أسود كما حدث عام ١٩٠٨ فى «تانجوسكا» بسيبريا (روسيا)، حيث يرى بعض علماء الفلك أنه فى ذلك التاريخ،

اخترق ثقب أسود دقيق جدًا الكرة الأرضية، محدثًا انفجارًا مروعًا ثم عاد إلى الفضاء مرة أخرى، أم لعله فى باطن الأرض يلتهم المواد فى صمت، ولعل بعض الظواهر الطبيعية العنيفة التى تنتاب كوكبنا من حين لآخر، سببها هذا الثقب الأسود الدقيق، الذى يقضم مركز كوكبنا!

**لغز انحناء الفضاء**

مع وجود الثقوب السوداء فى الكون، يكون مستقبل السفر فى الفضاء خارج المجموعة الشمسية، محفوفًا بالخطر. ويجب أن ندرك أن هناك مصائد منصوبة لنا فى الفضاء البعيد فى انتظار التهام أى شىء مادى يقترب من حدودها، أى أفق الحدث. ولكن الموقف ليس بهذا السوء، فإ الثقب الأسود يترك بصماته مجمدة فى «منحنى الفضاء» Curvature of Space، خارج أفق الحدث أى الحدود مع العالم الخارجى. وبوسع هذا الثقب الأسود بجاذبيته الجبارة التى تفوق كل تصور، أن يلوى الفراغ الكونى – فى الواقع هو ليس فراغًا بل

يمتلئ بالجسيمات التقديرية Virtual Particles التى تظهر وتختفى فى جزء ضئيل جدًا من الثانية – ويثنيه من حوله، وكأنما «الفراغ» المحيط به يتكوّر وينحنى على نفسه. ونحن لا نستطيع أن نتخيل «فراغًا» ملويًا أو فضاء منحنيًا ولكن النظرية النسبية العامة لأينشتين تنبأت به وثبت صحته فى بعض الظواهر الكونية، ولكى نستوعب فكرة فضاء منحن، علينا أن نتصور شعاعًا من ضوء وقد غيّر مساره المستقيم المألوف، حسب قوانين الفيزياء الأرضية، وانحنى والتوى حول شىء ما. وهذا الانحناء فى الفضاء يمكن التعرف عليه، بالطريقة التى تتأثر بها مدارات سفن الفضاء أو النجوم والكواكب والأقمار والكويكبات، مثلما يتأثر مسار حجر يلقى به فى الهواء وتسقطه جاذبية الأرض. ولو أن كوكب الأرض «أزيل» عقب إلقاء الحجر مباشرة، لإنطلق فى خط مستقيم بدلاً من أن ينحنى بفعل جذبه إلى مركز الأرض.

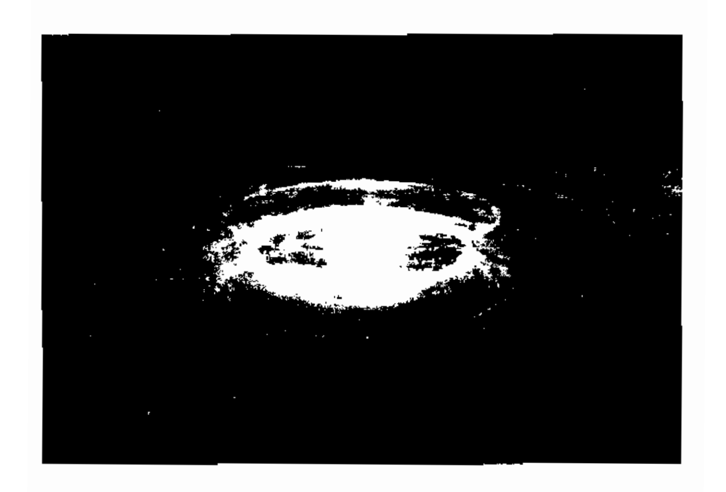
ويظهر الفضاء غير المضطرب حول الأرض، مقوسًا – كما هو حول الثقب الأسود – وإن لم يكن بنفس شدة

الانحناء، ولو فرض أننا كنا نتابع مسار سفينة فضاء فى عمق الكون، ولاحظنا أن مسارها قد انحرف فجأة، فإذا لم يكن هناك أى نجم أو سحابة أو مادة بقربها، يمكن أن تسبب هذا الانحراف عن طريقها، وكانت وحدات دفع سفينة الفضاء تعمل كما يجب، فإن السبب الوحيد، الذى يمكن أن نفكر فيه لهذا السلوك الغريب، هو أن هذه السفينة تتحرك قرب المصيدة الفضائية الرهيبة.. الثقب الأسود.

## الدوران المروّع

إن تاريخ نشوء الثقب الأسود من نجم ضخم منهار، إنما هو عبارة عن تقلص داخلى مروّع مع تكوين أفق الحدث، فعندما يستهلك النجم وقوده النووى فى باطنه، ينهار على نفسه بسرعة هائلة تبلغ جزءًا من الثانية، وعندئذ يسقط داخل أفق الحدث الخاص به، وقبل التقلص الداخلى قد يكون النجم دائرًا حول نفسه. وفى مثل هذه الحالة يكون من المتوقع أن يسرع هذا الدوران، كلما زاد الانهيار، وهذا يحدث تمامًا

عندما يدور شخص ينزلق على الجليد حول نفسه ببطء بذراعين ممدودتين، ثم يدور أسرع عندما يضم ذراعيه إلى جانب جسمه.



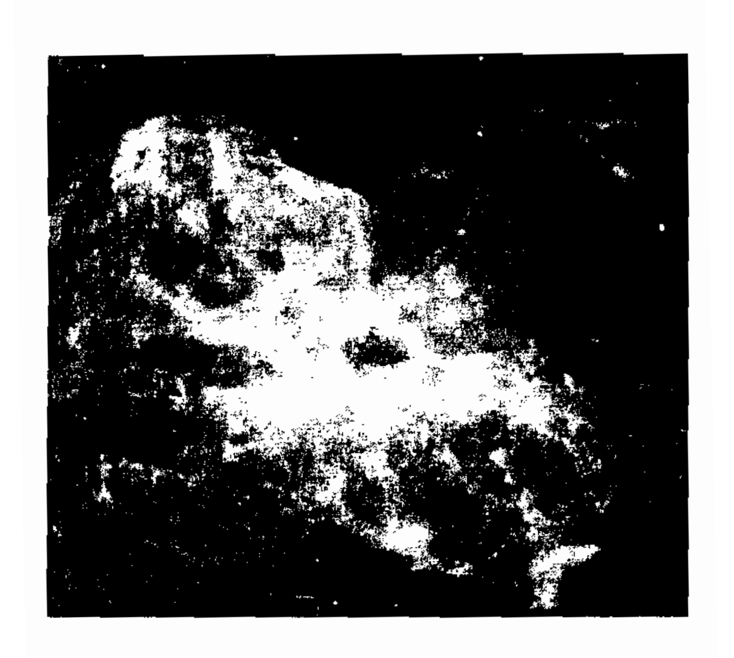
ودوران Rotation الثقب الأسود يسبب فقدًا لنسبة كبيرة من مادة النجم المنهار فى الفضاء، وحتى لو فرضنا أن

هناك أية «نتوءات» فى النجم، فيبدو أنها لن تترك أثرًا وراءها عندما يتألف أفق الحدث، وتختفى مادة النجم وراءه.. داخل المجهول.

إن إنحناء الفضاء الذى يبدو كبصمة تحقيق الشخصية أو كجزىء الدنا DNA للثقب الأسود، هو الذى يعطى له شكلاً. فالثقب الأسود ليس له كيان محدد، ولكن من المحتمل أن نشاهد فى انحناء الفضاء «المتجمد» خارج أفق الحدث، هيكلاً معينًا، يظهر بهذا «التشوه» Distortion فى الفضاء. أما كل السمات المميزة للنجم، والتى تفرقه عن أى نجم آخر، كمجموع عدد النيوترونات والبروتونات والإلكترونات أو التركيب الكيميائى، فكل هذه الصفات تفقد معناها بالنسبة لمشاهد خارجى، ولا يمكنه أن يتعرف على طبيعة الجسم الذى أنهار أصلاً.

واختفاء المادة داخل الثقب الأسود، أمر غريب حقًا ويناقض القوانين الفيزيائية المألوفة والمعروفة فوق الأرض

وأحد هذه القوانين بالذات جدير بالذكر هنا، وهو يتعلق باختفاء البروتونات والنيوترونات، وما تحتويه من كواركات وجلونات، داخل الثقب الأسود. فالبروتونات والنيوترونات والكواركات والجلونات، تكوّن نواة الذرة. ونحن هنا فوق كوكب الأرض واثقين، بأن نوى ذراتنا تحفظ نفسها جيدًا ضد التحلل. ولكن إذا دخلت هذه الذرات ثقبًا أسود، أصبحت تمتلك طبيعة نووية خاصة (بالنسبة لمشاهد خارج أفق الحدث)، فلا تصبح مادة على الإطلاق إذ تختفى الشحنات، وتنهار التراكيب الذرية وتتلاشى الفراغات وتتلاحم الجسيمات دون الذرية. وعندئذ علينا أن نستعد لمواجهة فروق كثيرة وجوهرية، بين عالمنا المألوف وذلك المكان الرهيب حيث يقف الزمن جامدًا، ويتعانق الوجود والعدم!



اتضح لنا أنه إذا انهار النجم داخل الثقب الأسود يصبح متجمدًا – من وجهة نظر الراصد الخارجى – وذلك قبل أن يصل إلى أفق الحدث، والمنطقة التى يبدو أن النجم يحوم فيها إلى الأبد أطلق عليها اسم «الإرجوسفير» Ergosphere أى «منطقة الطاقة»، وهو المكان الذى يقف فيه الزمن ساكنًا، وهنا تبدو أول لمحة لآلة الزمن Time Machine والتى تنقل الإنسان إلى الماضى أو المستقبل، كما تنبأ بها هـ.ج. ويلز كاتب الخيال العلمى المعروف، فى أوائل هذا القرن. والحياة على حافة الإرجوسفير – الذى يطلق عليها «حد الثبات» Stationary Limit – ليس فيها شىء من الأخطار المتعلقة بحافة أفق الحدث، ولكن مع هذا لها كل الصفات الخاصة بالسيطرة على الزمن. وإذا كان النجم المنهار إلى مصيره المحتوم، هائل الحجم، فإن البعد بين أجزاء الإرجوسفير وأفق الحدث، قد يصبح كبيرًا جدًا ومن ثم يكون خطر السقوط إلى أفق الحدث أقل ما يمكن.

إن الإرجوسفير لثقب أسود يدور بسرعة كبيرة، هو

المكان الذى يمكنك – كرائد فضاء – البقاء فيه، إذا أردت أن تسافر إلى المستقبل أى إن هذا المكان هو «آلة الزمن»، التى تخيلها أدباء الخيال العلمى فى قصصهم.

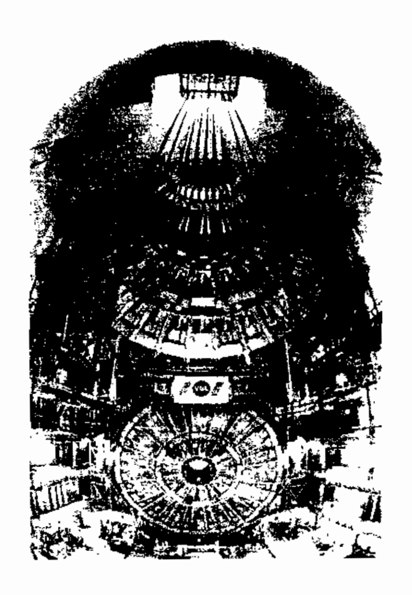
ومن الطبيعى أنه كلما طالت المدة المطلوب السفر إليها فى المستقبل، دعت الضرورة إلى وجوب الاقتراب من داخل الإرجوسفير، وهكذا ستزداد صعوبة – أو استحالة – العودة إلى العالم الخارجى، ذى الجاذبية المنخفضة بالنسبة لتيارات الجاذبية المروّعة للثقوب السوداء.



## عوالم لا تصدق.. فى أعماق المادة

فى المرة القادمة عندما تضع قطعة من السكر فى فنجان القهوة أو كوب الشاى، دقق النظر إليها، فبداخل هذه القطعة الصغيرة، أسرار الكون! وإذا استطعت أن تنظر إليها بمجهر ذرى، فقد ترى أن كل بلورة فيها تتكون من أجسام منتظمة تشبه الحلقات، هىء الجزيئات Molecules . ويكشف المزيد من التكبير عن ذرات الكربون والأوكسجين والهيدروجين. وهذه الذرات بالإضافة إلى بضع ذرات أخرى هى قوام الحياة كلها.

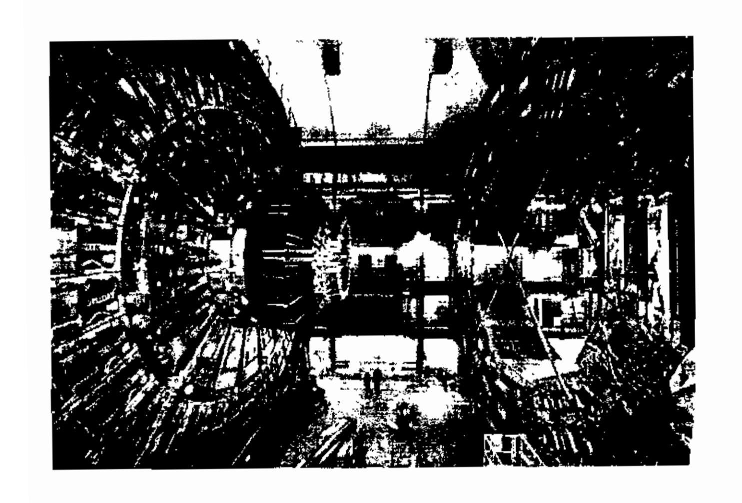
وبالتكبير الأعظم قدرًا سوف تلاحظ أن هذه الذرات لها هيكل، وتحيط سحابة مرتعشة من الإلكترونات الضئيلة بنواة Nucleus دقيقة كثيفة.



وتتكون النواة من نوعين من الجسيمات هما البروتونات والنيوترونات. ولاتزال الأنوية تنتج فى أفران هائلة، نسميها «النجوم»، كما أن أجسامنا أيضًا مكونة من ذرات. ويعتقد أن الإلكترونات جسيمات «أولية»، أى ليست مكونة من أجزاء

أصغر منها، أما البروتونات والنيوترونات فإنها تتكون من جسيمات أصغر منها هى «الكواركات» Quarks وهنا نصل إلى مقياس لا يمكن تخيله فى حدود ١٠^-١٥ من السنتيمتر. ويعتقد العلماء أن الجسيمات الأولية خلقت فى اللحظات الأولى بعد الانفجار الأعظم الذى حدث منذ نحو ١٣,٧ بليون سنة.

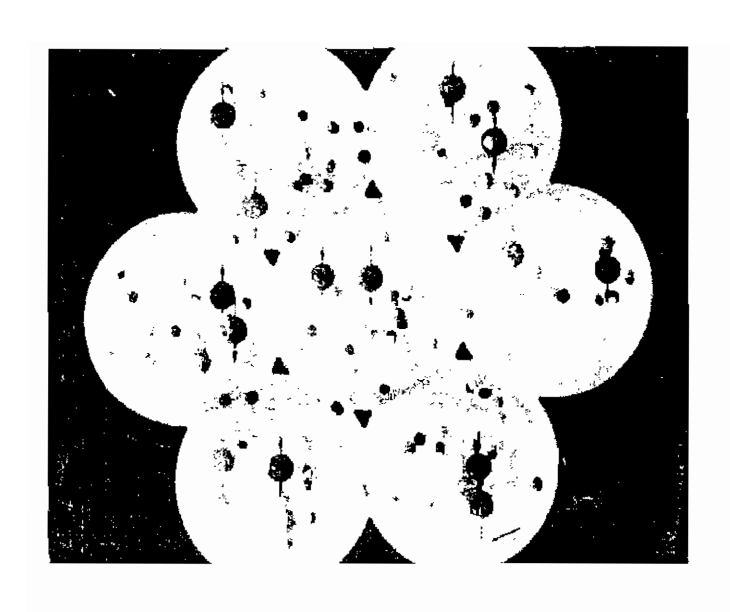
وفى CERN «مختبر فيزياء الجسيمات الأوروبى» تمكّن العلماء من بناء جهاز جبار أطلق عليه «مصادم الهادرون الضخم» Large Hadron Collider (LHC) ، الذى سوف يعيد – من جديد – التوهج الحرارى لفجر الخليقة. كما يأملون أن يعلمهم هذا المصادم، كيف جاءت المادة وماهيتها، توطئة لصياغة نظرية موحدة، توضح كيف تتفاعل الكواركات والإلكترونات والجسيمات الأخرى. ويحاول العلماء تحقيق هذا بمساعدة القوى الجوهرية فى الطبيعة وهى: الجاذبية والكهرمغنطيسية والقوة الشديدة والقوة الضعيفة، التى تؤثر فى مكونات الذرة.



**الرقصة الكونية.. المثيرة**

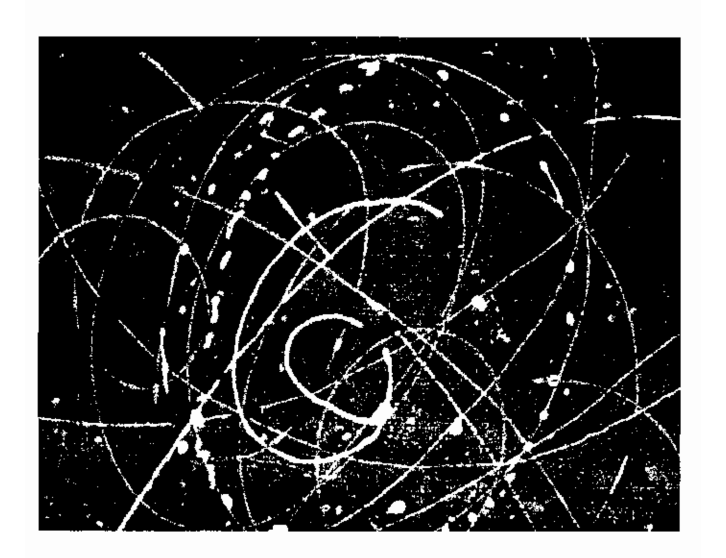
وقد تم تطوير المعجّلات Accelerators التى تحطم الجسيمات بطاقات عالية، وتطلق سيلا من الجسيمات «الغريبة» التى تكشف عن رقصتها الكونية المثيرة، كمسارات دوامية فى أجهزة الكشف.. وكانت النتيجة أنه بنهاية الخمسينيات من القرن العشرين اكتشف عشرات من

الجسيمات الجديدة ذات أسماء محيرة مثل «الكاون» Kaon واللامبدا Lambada والميون Muon. ويعتقد العلماء النظريون أنهم يفهمون العلاقات التى تربط بين جميع الجسيمات التى اكتشفت حتى الوقت الحاضر. باستخدام وصف رياضى يسمى «النموذج القياسى» Standard Model للجسيمات والقوى. وهناك نوعان من جسيمات المادة هما: الكواركات والليبتونات Leptons. الكواركات لها ست «نكهات» هى: «أعلى» و«أسفل» و«غريب» و«فتنة» و«قاع» و«قمة»، ولا ترى منفردة أبدًا. ويتكون البروتون من ٢ كوارك أسفل وكوارك أعلى. وكل التكوينات المشتركة من الكواركات تسمى »هادرونات» Hadrons، وهى كلمة مأخوذة من اللغة اليونانية ومعناها «ثقيل». وللكوارك شحنة كهربية مقدارها ±١/٣ أو ±٢/٣. ولذلك فإنه عند امتزاج اثنين منهما يكون حاصلهما +١ أو -١ أو صفر. ويفسر ذلك السبب فى أن البروتونات شحنة كهربية مقدارها واحد، وليس للنيوترونات شحنة كهربية على الإطلاق (أى متعادلة كهربيا).



والكواركات «غريب» و«فتنة» و«قاع»، أثقل وزنا من الكواركات أعلى وأسفل. وتوجد طائرة فى المجالات عالية الطاقة بالمعجّلات، وفى الأشعة الكونية وما بها من أحداث. ويعتقد أنها وجدت أيضًا فى أولى لحظات خلق الكون. أما الكوارك «قمة» فإنه أثقل الكواركات كلها.

واللبتونات «وهى كلمة مأخوذة من اليونانية ومعناها «خفيف» وتشمل «الإلكترون» و«الميون» - الأقل شيوعا - و«التاو» Tau. و«الميون» و«التاو» صورتان غير مستقرتين أثقل من الإلكترون. ولكل اللبتونات شحنة كهربية مقدارها +١ أو -١ ويوجد لكل من هذه اللبتونات الثلاثة، شريك من «النيوترينوات».



و«النيوترينوات» كيانات غريبة، فهى لا تكاد أن تكون موجودة أصلا، فليس لها شحنة كهربية، وتكاد تكون ذات كتلة ضئيلة أو بلا كتلة على الإطلاق، بيد أن دورها فى الكون بالغ الأهمية.



تنقسم جميع اللبتونات والكواركات الاثنى عشر إلى ثلاثة «أجيال» يتكون كل منها من زوج من الكواركات وزوج من اللبتونات. وهذه الأجيال بالترتيب المتزايد لكتلتها هى:

- الكواركان أعلى وأسفل.
- الإلكترون ونيوترينو الإلكترون.
- الكواركان غريب وفتنة.
- الميون ونيوترينو الميون.
- الكواركان قمة وقاع.
- التاو ونيوترينو التاو.

وقد حدد العلماء أربع قوى أساسية للطبيعة، هى التى تفسر السبب فى أن هذه الكتل البانية للمادة، تتماسك معًا:

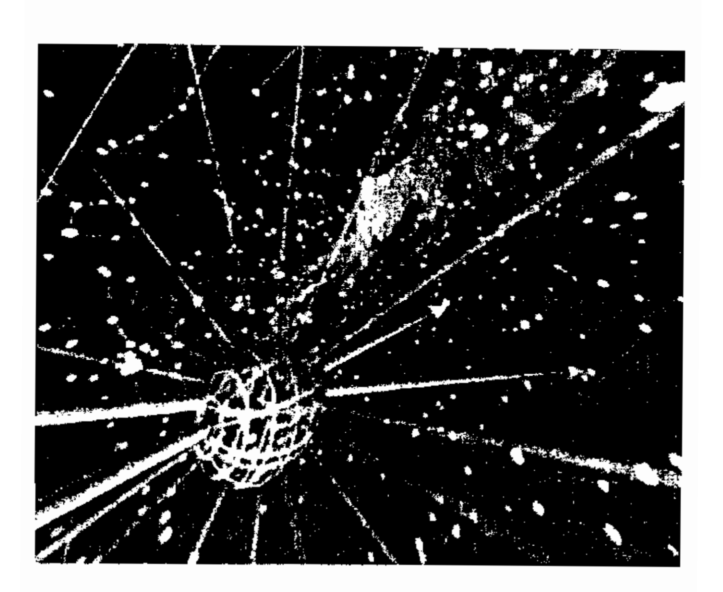
● القوة الكهرمغنطيسية. هى «الأسمنت» لهذه الجسيمات والمسئولة عن سلوكها الكيميائى. و«تحس» بها جميع الجسيمات المشحونة، ويمكن أن تكون موجبة أو سالبة. والشحنات المتماثلة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب. وفى النظرية المجـربة والموثوق بهـا، لكيفية عمـل القوة الكهرمغنطيسية – التى تسمى «الكهرديناميكا الكمية» Quantum Electrodynamics (QED)، يتم إنشاء «مجال» من خلال الجسيمات المشحونة التى تتبادل «الفوتونات» Photons.

والقوة الشديدة. هى القوة المركزية التى تربط الكواركات ببعضها البعض. ولا يحس بهذه القوة النووية الشديدة، سوى الكواركات. ولها نطاق قصير جدًا. وتعمل هذه القوة، كقطعة مرنة مشدودة تزداد قوة مع المسافة، مما يفسر السبب فى عدم وجود كواركات منعزلة أبدًا. وتأتى القوة الشديدة فى ثلاثة «ألوان»، حمراء وخضراء وزرقاء

«وهذه الألوان الثلاثة ليست حقيقية ولكنها تعبيرات ابتكرها العلماء». واللون هو النظير القوى للشحنة يربط الكهربية، ويحمله جسيم يسمى «جلون» Gluon . والجلونات حاملات القوة الشديدة بين الكواركات. وتتجاذب مختلف الجلونات اللونية لبعضها البعض. ويعتقد بعض العلماء أنها تتجمع معا لتكوين «كريات لاصقة»، مع أنه لم يتم رؤيتها حتى الوقت الحاضر.

● القوة الضعيفة. هذه القوة النووية الأضعف كثيرًا من القوة الشديدة، تسمح للكواركات بتبادل «نكهاتها» (وعلى سبيل المثال، تتحول كواركات أعلى إلى كواركات أسفل». وتفسر القوة الضعيفة نوعًا من النشاط الإشعاعى، يتحول فيه نيوترون إلى بروتون مع إطلاق إلكترون ونيوترينو. وتحمل القوة الضعيفة ثلاثة جسيمات مختلفة: Z «المتعادل» و+W و-W . وتختلف هذه الجسيمات عن جسيمات القوى الأخرى فى أن لها كتلة.

• الجاذبية. يظن العلماء النظريون أنه حتى الجاذبية، تنقلها جسيمات يطلق عليها «جرافيتونات» Gravitons . ولكن فى التطبيق العلمى تفسر الجاذبية بنظرية النسبية العامة، وليس بنظرية الكم Quantum Theory المستخدمة فى فيزياء الجسيمات. وسوف يكشف مصادم الهادرون الضخم والمعجلات الأخرى المستقبلية، المزيد من العوالم التى لا تصدق.. فى أعماق المادة.



## الكوازرات.. والطاقة المظلمة.. وعدسات الجاذبية

الكوازرات «أشباه النجوم» Quasars ، هى بعض من أكثر الأجرام الفضائية تألقًا وأشدها طاقة فى الكون المرئى.. وبعد أن ظلت سرًا غامضًا لعشرات السنين، فإن أكثر الفلكيين يعتقدون فى الوقت الحاضر أن الكوازرات هى المراكز اللامعة للمجرات ذات الثقوب السوداء Biack Holes الهائلة الكتلة، التى تغذيها بنشاط، وقد تمكّن فريق من العلماء من اكتشاف دليل على احتمال وجود ظاهرة كونية فى قلب تلك المجرات، ويتسبب فى تكوين الكوازرات.

وبدلاً من ثقوب سوداء تسحب أى مادة إلى داخلها، من الممكن وجود أجسام ذات مجالات مغنطيسية مروّعة، تعمل كالمراوح الكونية الجبارة، بحيث «تخضّ» أو «ترجّ» Churning المادة بقوة وتعيدها إلى المجرة.

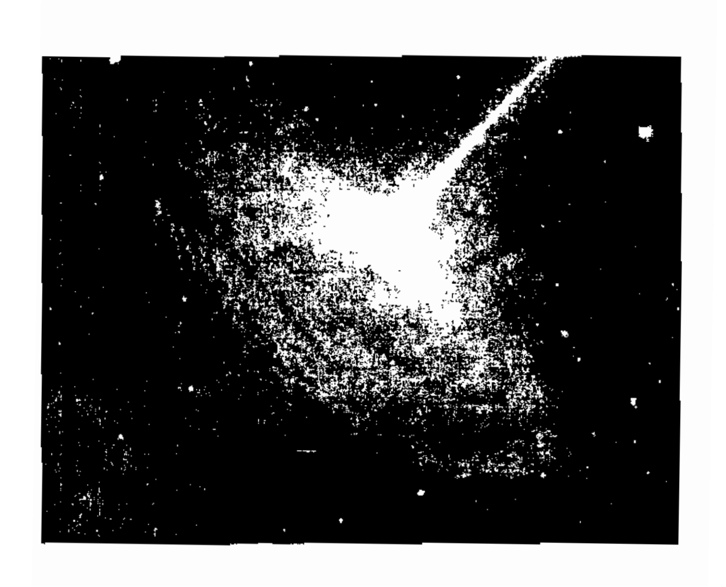
### النافورتان.. الكونيتان

فى الكون البعيد تلمع الكوازرات بضياء، لا مثيل له فى أى جرم فضائى موجود فى كوننا. وعلى الرغم من أن

الكوازرات تبدو من خلال التلسكوبات الأرضية والفضائية، كنجوم عادية، إلا أنها فى حقيقة الأمر المراكز المتألقة للمجرات التى تبعد عن كوكب الأرض بآلاف الملايين «بلايين» السنوات الضوئية.

والتصور الحديث للكوازر، أو بتعبير آخر القلب الفائر المضطرب للكوازر، أنه يتكون من قرص ملتحم Accretion Disk آخذ فى النمو، من غاز ساخن يتحرك حلزونيًا داخل الثقب الأسود فائق الكتلة والكثافة، وبعض هذا الغاز الكونى يندفع بقوة إلى الخارج، فى نافورتين متضادتين بسرعة الضوء تقريبًا.

ويعكف الفيزيائيون النظريون حاليًا على محاولة فهم فيزياء تنامى القرص الملتحم ونافورتى الغاز الكونى، بينما يكافح المراقبون والراصدون للنفاذ إلى قلب الكوازر وسبر غوره. والواقع أنه من الصعوبة دراسة «القلب النابض» المركزى الذى يتحكم فى النافورتين، وذلك لأن تلك المنطقة مدمجة للغاية ولا يمكن معرفة تفاصيلها الدقيقة.



درس الفلكيون الكوازر المعروف باسم Q0957+561 الذى يربض على مسافة تسعة بلايين سنة ضوئية تقريبًا من كوكب الأرض، باتجاه كوكبة «الدب الأكبر» Ursa Major . ولهذا الكوازر قلب مركزى مدمج ذو كتلة تبلغ حوالى ٣-٤ بلايين مرة قدر كتلة الشمس. ويعتقد الكثير من الفلكيين أن هذا الجسم المركزى «ثقب أسود»، غير أن الأبحاث الفلكية الحديثة توحى بغير ذلك.

وعلى حد قول أحد علماء الفلك «نحن لا نسمى هذا الجسم ثقبًا أسود، لأننا وجدنا دليلاً على أنه يحتوى على مجال مغنطيسى ثابت بداخله، وينفذ من سطح الجسم المركزى المتقوّض Collapsed ، ويتفاعل مع المادة المحيطة بالكوازر».

**سر.. الجسم المركزى المدمج**

وقد اختار الباحثون الكوازر Q0957+561 لارتباطه بعدسة كونية Cosmic Lens طبيعية، حيث تحنى الفضاء جاذبية مجرة قريبة، مما يؤدى إلى وجود صورتين للكوازر

البعيد مع تضخيم الضوء الصادر منه، كما أن النجوم الموجودة بتلك المجرة القريبة، تؤثر على ضوء الكوازر وتحدث تذبذبات ضئيلة فى لمعانه، وهذه العملية تسمى «التعدس بالغ الصغر» Microlensing، عندما تتحرك النجوم بحيث تصبح على خط البصر بين كوكب الأرض والكوازر. ويؤدى هذا إلى استخلاص تفاصيل عن الكوازر.

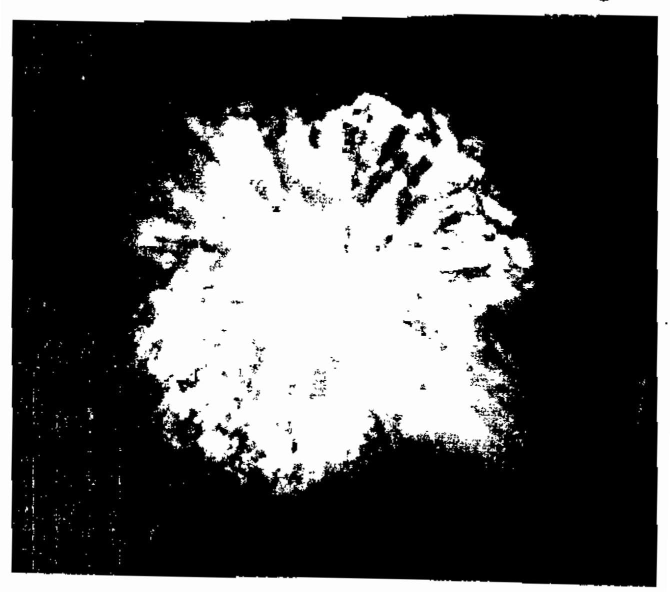
ومن خلال الأرصاد الفلكية الدقيقة، حصل العلماء على معلومات تفصيلية عن قلب الكوازر، وتمكنوا من تحديد مكان تكون النافورتين. إذ وجدوا أن النافورتين تخرجان من منطقتين حجمهما ١٠٠٠ وحدة فلكية فوق قطبى الجسم المركزى المدمج «الوحدة الفلكية هى متوسط المسافة بين كوكب الأرض والشمس، أى حوالى ١٥٠ مليون كيلو متر».

كما اتضح للعلماء أن النافورتين تستمدان طاقتهما من خطوط المجال المغنطيسى التى تحيط بالجسم المدمج الدوّار هائل الكتلة، والموجود داخل الكوازر. إذ من خلال التفاعل مع القرص الملتحم، يمكن لمثل خطوط المجال المغنطيسى

الدوّارة هذه، أن تلتف حول نفسها، ثم تتقارب وتتضاغط أكثر فأكثر، حتى تتحطم وتنفجر بشكل مروع، مطلقة كميات جبارة من الطاقة تغذى النافورتين.

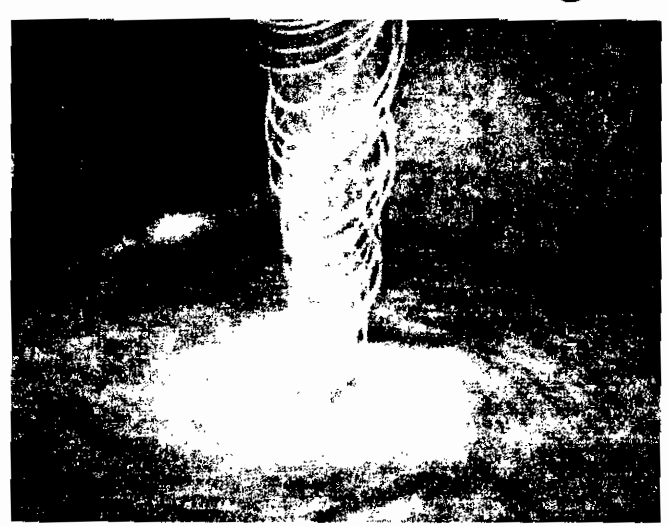


وفى ضوء الملاحظات والأرصاد السابقة، فقد اقترح باحثو الفيزياء الفلكية، نظرية مثيرة للجدل مفادها أن المجال المغنطيسى جوهرى بالنسبة للجسم المدمج المركزى فائق الكتلة للكوازر، وليس مجرد جزء من القرص الملتحم، كما يعتقد معظم الباحثين. وإذا ثبت صحة ذلك، فإن تلك النظرية الحديثة، سوف تغير فكرتنا عن تركيب الكوازرات بشكل ثورى.



ويوحى هذا البحث بأن الجسم المدمج المركزى للكوازر، بالإضافة إلى كتلته وتدويمه، فإنه قد يتسم بخصائص فزيائية، أقرب إلى الجسم الدوار ذى القطبين المغنطيسيين المزاح نحو الجزء الأحمر من الطيف «تأثير دوبلر» منه إلى الثقب الأسود.

ولهذا السبب فإن أكثر المادة المقتربة من الكوازر لا تختفى إلى الأبد، وإنما تتأثر بدلاً من ذلك بالمجالات المغنطيسية الدوّارة التى تشبه المحرك الكونى. ونتيجة لذلك فإنها تندفع إلى الخارج فى شكل لولبى.



وطبقًا لتلك النظرية، فإن الجسم المدمج المركزى ذا الخطوط الجبارة للمجال المغنطيسى، ليس له أفق حدوث Event Horizon، أى أنه ليس ثقبا أسود. ومعنى ذلك أن أى مادة تقترب من هذا المجال المغنطيسى الدوّار، سوف تقل سرعتها تدريجيًا حتى تقف عند سطح الجسم المدمج المركزى ثم تطلقها خطوط المجال المغنطيسى إلى الخارج.

**الطاقة المظلمة.. وعدسات الجاذبية**

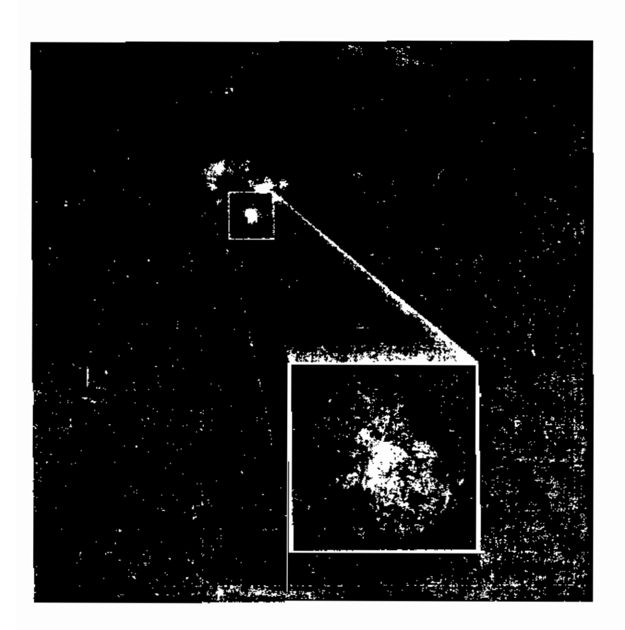
أدت أرصاد الكوازرات التى تربض عند حافة الكون، إلى ثبوت دليل جديد على أن الكون يشتمل أساسًا على طاقة مظلمة Dark Energy . وتشير الأبحاث إلى أن حوالى ثلثى الكون، عبارة عن طاقة مظلمة غير مرئية، وهى عبارة عن قوة «مضادة للجاذبية» Anti-gravity ، تؤثر على الأجرام الفضائية البعيدة عنا. وتتسق تلك النتيجة مع نتائج الدراسات السابقة، مثل تلك التى أجريت على المستعرات العظمى «السوبر نوفات» Supernovae التى تبعد بملايين السنوات الضوئية عنا.

ويدل ذلك على أن الكون يتمدد بمعدل متزايد، لأن المستعرات العظمى المتفجرة فائقة الضياء، تبدو أقل وضوحًا عما هو متوقع لها، لو كان الكون خاليًا من الطاقة المظلمة.

كما وجد الباحثون أن بعض الكوازرات تتشوه صورته، بسبب وجود أجسام هائلة الكتلة غير مرئية، تعترض طريق الضوء الصادر منها، وتعمل كعدسة جاذبية Gravitational Lens. أى أن الابتعاثات الراديوية Radio Emissions من تلك الكوازارات «تنحنى» حول تلك الأجسام هائلة الكتلة، بسبب جاذبيتها المروّعة، ويترتب على ذلك وجود صورتين أو أكثر للكوازر، بتأثير تلك الأجسام التى تكون فى مجموعها «طاقة الكون المظلمة».

ثم حسب الباحثون عدد الكوازرات المتأثرة بعدسات الجاذبية، واتضح أنها تبلغ تقريبًا ضعف العدد المتوقع لها، لو لم تكن هناك طاقة مظلمة خفية فى الكون على الإطلاق.

ويؤكد هؤلاء الباحثون أنه لابد أن تشغل هذه الطاقة المظلمة، حوالى ثلثى الكون، لكى يمكن تفسير العدد من الكوازرات المتأثرة بعدسات الجاذبية والتى تم رصده حديثًا. ولكن الأمر يحتاج إلى المزيد من الدراسات الفلكية بواسطة التلسكوبات الأرضية والفضائية الموجودة حاليًا، وكذلك المستقبلية.



## النعش الكونى.. الأبيض

تتعدد النظريات التى تبحث فى «ميلاد» النجوم، فالبعض منها يقول بأن النجم ينشأ نتيجة دوامات فى السحابة الكونية الأولى فى جيوب ذات كثافة عالية، تبدأ فى التقلص حول واحد أو أكثر من مراكز جاذبيتها. وعندما يتقلص نجم فى دور التكوين فإنه يكتسب دورانًا محسوسًا، وترتفع درجة حرارته بتولد طاقة الجاذبية، وتنشأ هذه الحرارة كنتيجة لتصادم الذرات الهاوية نحو مركز الجذب، بعضها ببعض. ولا تكون عملية الالتحام النووى للذرات المنفردة فى بادئ الأمر كثيرة الحدوث، ومن ثم فإن الطاقة التى تطلقها تكون قليلة، ولكن استمرار النجم فى الانكماش تحت ثقل طبقاته الخارجية المتراكمة، يجعل ذرات «القلب» تنضغط فى بعضها بعضًا فتلتحم أكثر فأكثر، أما المادة التى لم تندمج فى النجم فتظل خارجة عنه، على شكل سحابة رقيقة على بعد معين منه وتستعين نظرية حديثة عن ميلاد النجوم، بما يسمى تأثير

القوى المغنطيسية، داخل السحابة الكونية الأولى. ويتم تأثير خطوط هذه القوى المغنطيسية، بفعل الأشعة الكونية، التى هى عبارة عن جسيمات عالية الطاقة، وتسير بسرعة تقارب سرعة الضوء، ولذلك فهى تستمد من كتلتها وسرعتها الهائلة قوة دفع هائلة. وتتمكن الأعداد الكبيرة من جسيمات الأشعة الكونية السابحة فى الفضاء، من التأثير فى خطوط القوى المغنطيسية الموجودة فى مادة ما بين النجوم، بحيث تأخذ هذه القوى شكل «أودية» عميقة، ومن ثم يحدث تخزين للجسيمات الذرية الأولى، التى تسبح على طول الخطوط المغنطيسية فى الأودية، وسيأتى الوقت الذى تتجمع فيه جسيمات بأعداد هائلة فى الوادى، وتكون قريبة من بعضها البعض، لدرجة تمكنها من بداية الانكماش الذى يؤدى إلى بداية ميلاد نجم أولى.

إن معظم الغاز الذى يدخل فى تكوين النجوم هو «الهيدروجين» مخلوطًا بكمية صغيرة من الهليوم وشوائب بسيطة من العناصر الأكثر ثقلاً، ويتخلل الغاز فى بعض الغبار

الكونى، والمكوّن من تجمعات دقيقة من الكربون والنشادر (أمونيا) والميثان فى درجة التجمد. ويستمر النجم الناشئ فى التقلص وازدياد الضغط داخله، حتى تبلغ درجة حرارته الداخلية حوالى نصف مليون درجة مئوية، وهنا يبدأ تفاعل «الدوتيريوم» Deuterium.

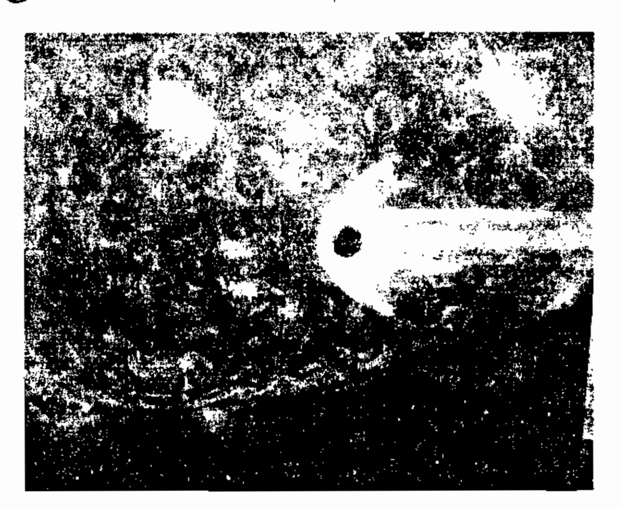


و«الدوتيريوم» أحد نظائر غاز الهيدروجين، فبينما تتكون ذرة الهيدروجين من إلكترون واحد وبروتون واحد فقط، تتكون ذرة الدوتيريوم من إلكترون واحد وبروتون ونيوترون. فإذا ما احتوى الغاز الذى دخل فى تكوين النجم الناشئ على كمية كافية من الدوتيريوم، فإنه يمكن لذراته أن تبدأ فى اجتذاب جسيمات ذرية أخرى، ويعمل هذا التفاعل على تحرير بعض الطاقة، ومن ثم إلى زيادة درجة الحرارة الداخلية للنجم الناشئ حتى تصل إلى حوالى عشرة ملايين درجة مئوية. وهنا يبدأ تفاعل البروتون — بروتون (تمامًا كما يحدث داخل شمسنا). وبحدوث ذلك التفاعل النووى، يكون الناشئ قد أصبح «بالغًا» ويبدأ فى الاستقرار ويتحرك إلى خط «التتابع الرئيسى» ويظل عند هذا الخط معظم حياته.

**العملاق الأحمر.. الجبار**

ويستمر هذا الاستقرار النسبى، حتى يتم استهلاك حوالى عشرة فى المائة من الهيدروجين الموجود بداخل النجم

البالغ، وهنا يمكن القول بأن النجم قد استهلك جزءًا حرجًا من كتلته فى الاندماج النووى الحرارى. عند هذا الحد يبدأ القلب فى الانكماش، حيث لا يوجد أى مصدر للطاقة نتيجة تراكم رماد الهليوم - ناتج التفاعل النووى الحرارى - عند القلب. ونتيجة لهذا الانكماش، تتحرر طاقة جديدة تدفع المناطق الخارجية للنجم، وتضطرها إلى التمرد تحت تأثير الإشعاع المتزايد من الداخل، وبانطلاق الطاقة التى سببها الانكماش، يزداد قلب النجم حرارة بينما تبرد مناطق السطح.



وكنتيجة لهذا يصبح النجم أكبر حجمًا وأكثر برودة فى الخارج، ويأخذ لونه فى الإحمرار، وفى هذه الحالة يكون قد وصل إلى مرحلة فى تطور النجوم، يطلق عليها «العمالقة الحمر» Red Giants.

وفى مرحلة العمالقة الحمر، تنخفض درجة حرارة سطح النجم إلى أقل من النصف الذى كانت عليه، عندما كان النجم فى خط التتابع الرئيسى. ويبدأ النجم فى «الانتفاخ» إلى مئات أمثال حجمه الذى كان عليه فى مرحلة التتابع الرئيسى. ويحاول دائمًا العملاق الأحمر، أن يعيد التوازن إلى كتلته ومن ثم يتقلص قلبه، فتزداد درجة حرارته إلى حد كبير، مما يؤدى إلى حدوث تفاعل نووى آخر، حيث يتحول رماد الهليوم إلى كربون، وبازدياد درجة الحرارة تحدث تفاعلات نووية أخرى، وتنشأ عناصر أكثر ثقلاً.

وبسبب عدم الاستقرار فى التركيب الداخلى للجسم، يأخذ النجم فى التقلص والخفوت، ثم يبدأ فى فقد كتلته. ولو

أن درجة الحرارة ارتفعت فى قلب النجم إلى حد معين، فإنه من الممكن أن يفقد كتلة أكبر، خلال ما يعتريه من انفجارات صغيرة نسبيًا «نوفا» أو ربما يفقد النجم كمية كبيرة جدًا من كتلته خلال انفجار هائل واحد «سوبر نوفا» Supernova ، فيضىء مثل مجرة بأسرها!



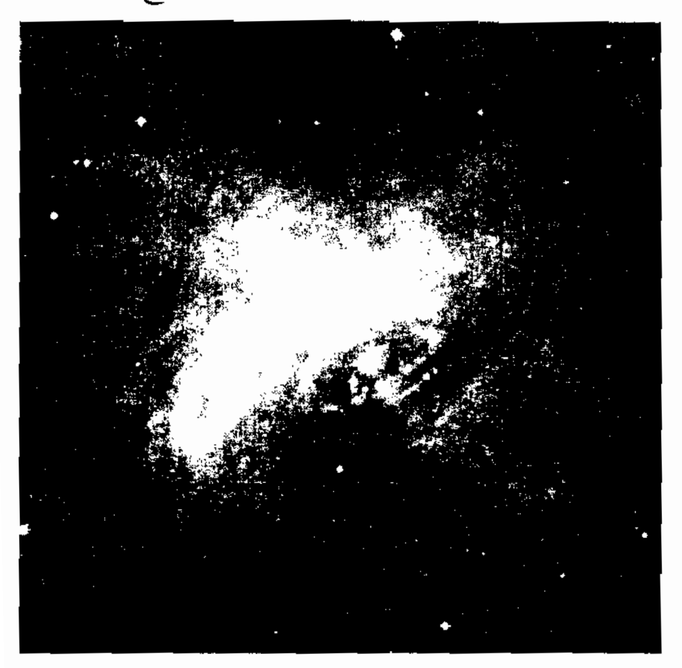
وقد تتساءل: كيف يتطور النجم فى نهاية مرحلة العمالقة الحمر؟ تسألنى فأجيبك. إن الجاذبية تؤثر فى قلب النجم فيتقلص، وقد يتأجل التقلص مؤقتًا إذا كان التفاعل النووى داخل النجم قادرًا على إمداد مركز النجم بالطاقة، بحيث يبقيه متأججًا بدرجة كافية للإبقاء على ثقل الغلاف الخاص بالنجم. وعلى الرغم من هذا فبمجرد انتهاء «الوقود» الذى ينتج الطاقة، يبدأ مركز النجم فى التقلص ويستمر تطور النجم إلى نهايته المحتومة.. حيث يدفن داخل «نعش أبيض».

**القزم الأبيض.. والأسود**

إن النجوم – بعد حياة دامت لملايين وربما لبلايين السنين – تبدأ الدخول فى مرحلة الشيخوخة، ثم الاحتضار فمرحلة الموت، وقد تختار لها نعشًا أبيض فتموت فيما يعرف بالأقزام البيضاء White Dwarfs.

لقد تركنا العملاق الأحمر وقلبه مايزال يتأثر بالجاذبية، فيزداد التقلص فيه ولكنه يتوقف من وقت لآخر، ليسمح بحدوث تفاعل نووى فى مركزه. ولكن هل يستمر أثر

الجاذبية منتجًا التقلص، هكذا بشكل دائم وبلا نهاية؟ إن قصة حياة النجم كلها تتلخص فى صراع بين الجاذبية – التى تعمل على تقليصه – وبين القوة النووية، التى هى عامل على تمدده، وعندما يصل النجم إلى نهاية حياته، بعد مرحلة العمالقة الحمر فإن القوى الحرارية تخسر المعركة فى نهاية الأمر مع الجاذبية.



أما الطاقة اللازمة للاحتفاظ بالحرارة فقد فُقدت فى الفضاء، بينما كان النجم متأججًا فى فترة «شبابه». وبمجرد انتهاء الوقود، فإن قلب النجم يبرد إلى الحد الذى تختفى فيه أهمية الضغط الحرارى. وتصبح الغلبة شيئًا فشيئًا للجاذبية، فيتقلص النجم حتى تصبح دقائقه متلاصقة تقريبًا. وهكذا لم يعد هناك مجال لأى تفاعل نووى، بعد أن أصبح النجم نعشًا أبيض، للعناصر الثقيلة التى كونها النجم فى مركزه. عندما انتهى رصيد الهيدروجين، والذى كان يكوّن معظم مادته منذ اللحظات الأولى لميلاده. وعندما يصل النجم إلى مرحلة القزم الأبيض يتوقف عن توليد الطاقة، ذلك أنه لم يعد يحتوى على «وقود» كاف. ويبدأ النجم - الذى دخل مرحلة «الشيخوخة» - فى عملية تبريد طويلة وبطيئة يشع فيها طاقته الضئيلة بتقتير شديد فى الفضاء.

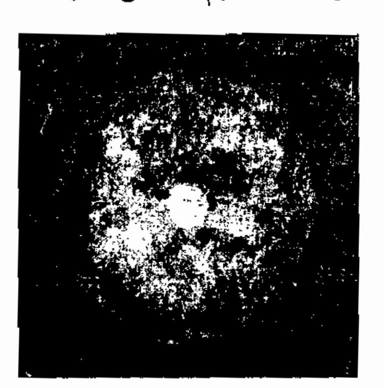
إن التركيب الذرى المألوف يتحطم فى القزم الأبيض، فالإلكترونات قد أُرغمت على الخروج من مستويات طاقتها

العادية، وانضغطت كل الذرة بحيث اقتربت إلكتروناتها من نواتها. وانعصر فراغ الذرة، وتكدست الجسيمات الذرية الأولية فى حيز ضيق كثيف. مثل هذه الذرات تسمى «مادة محايدة» Neutral حيث انضغطت فيها النوى والإلكترونات بالقرب من بعضها البعض، لدرجة أنها فقدت كثيرًا من حرية حركتها، ولم تعد للمادة خصائص الغاز، ويصبح القزم الأبيض متطرفًا فى كبر كثافته.

ولكن ما الذى يمنع القزم الأبيض، من مزيد من التقلص؟ تسألنى فأجيبك: إن قلب القزم الأبيض يمارس ضغطًا - ليس له علاقة بالطاقة الحرارية - يطلق عليه «الضغط التحللى» Degeneracy Pressure وقد جاءت التسمية من حالة التحلل التى تصيب الإلكترونات، عندما تكون المادة فى حالة كثافة شديدة، وهى لا تنشأ عن الطاقة الحرارية، ولكن فقط بسبب تلك الكثافة الهائلة التى تحدث للمادة.

إن الضغط التحللى إذن هو الذى يمنع القزم الأبيض من مزيد من التقلص، وهو الذى يحافظ على القزم الأبيض، وذلك بتمكين مادته من مقاومة أى انكماش بتأثير الجاذبية. وحيث أن الضغط التحللى مستقل تمامًا عن الطاقة الحرارية، فإن القزم الأبيض - إذًا انخفضت درجة حرارته - سيظل محتفظًا بنفس حجمه. وفى نهاية الأمر سيتحول إلى قزم أسود Black Dwarf، مجرد جسم خامد فى الفضاء أو «جثة نجم».

إن القزم الأبيض أو «النعش الأبيض.. الكونى»، سوف يكون فى بؤرة الأبحاث الفلكية المستقبلية، للتعرف على تلك المرحلة من «شيخوخة» النجوم، بشكل أكثر دقة.



## الاصطدام.. مع ثقب أسود

إذا كانت الثقوب السوداء تبدو ثابتة ساكنة عندما تكون بعيدة جدًا عنا، فإنها سرعان ما تنبذ جمودها عند اقترابنا منها، ونجد أنها تلتهم كل شيء يدنو منها. حقا أن الثقوب السوداء رفات نجوم مكدسة منهارة، ولكنها أصبحت - حتى بعد الموت - مصيدة فى الفضاء لرفات نجوم أخرى. إن الثقب الأسود الهائل الذى فى مركز مجرتنا «الطريق اللبنى» يقيم وليمة يلتهم فيها النجوم التى تتكاثف فى قلب المجرة.

### وحش.. فى الفضاء

إن احتمال تعرض الشمس، وحتى كوكب الأرض، لمصير الالتهام بواسطة ثقب أسود، هو احتمال بالغ الضآلة ذلك أن تعرضنا لمثل هذا المصير -- بالوقوف مباشرة فى طريق ثقب أسود فى الكون - هو كاحتمال صدامنا مع نجم صغير متجول بالقرب من مجرتنا. ومع هذا يرى بعض علماء الفلك

أن فرصة صدامنا مع أحد الثقوب السوداء قد تحدث، وعندها لابد من حدوث بعض الظواهر العنيفة كدلائل مثل الزلازل المدمرة والانفجارات المروعة وتصدع الأرض وهذه هى التى تنذرنا بقرب هذا الخطر الكونى الداهم.



وقد تكون حولنا – فى مجرتنا «الطريق اللبنى» – ثقوب سوداء أكثر مما ندرك. إن البشرية لم تحفل بهذا الخطر من قبل ولكن يجب علينا الآن أن ندرس بإمعان، إمكان حدوث اصطدام مع ثقب أسود كما حدث فى عام ١٩٠٨م فى «تانجوسكا» بسيبريا «روسيا». حيث يرى بعض علماء الفلك أنه فى ذلك التاريخ اخترق ثقب أسود دقيق جدًا الكرة الأرضية فى ذلك الموضع محدثا انفجارا مروعا ثم عاد إلى الفضاء مرة أخرى، فما الذى حدث فى «تانجوسكا»؟



إن العلماء حتى الآن مازالوا حائرين أمام ما حدث فى «تانجوسكا» Tunguska بالمستنقعات المنعزلة فى شمال سيبريا الساعة السابعة والنصف من صباح يوم ٣٠ يونيو عام ١٩٠٨. ففى هذا اليوم سمع الأهالى – فى نطاق مساحة يبلغ قطرها حوالى ١٢٨٠ كيلو مترًا – صوت انفجار مروّع اقتلع الأشجار وحوّلها إلى فحم، وأزال الغابات من مناطق شاسعة وقضى على حيوانات الأيائل فى تلك المساحة. وقد قدرت قوة هذا الانفجار الجبار بحوالى عشرين قنبلة هيدروجينية!

وقال الأهالى بأنهم شاهدوا شيئًا لامعًا أزرق اللون يتحرك فوق رءوسهم من الجنوب الشرقى وكان يتساقط منه الشرر ويخلف وراءه ذيلاً من الدخان.

وعرف الجميع أن حادثا ما قد وقع فى الشمال، ولكن أحدًا من الناس لم يستطع اختراق المستنقعات الوعرة ليعرف حقيقة ما حدث. وبعد تسعة عشر عامًا ذهبت أول بعثة علمية لمحاولة التعرف على أسباب هذا الانفجار الذى روّع المنطقة كلها. وقد تعجب علماء البعثة عندما لم يجدوا فوهة كبيرة

مكان الانفجار إذن فسبب التدمير لم يكن نيزكا Meteorite كما كان يُعتقد من قبل!

وقد وجدت هذه البعثة عددًا كبيرًا من الحفر الصغيرة الملأى بالماء فى منطقة الانفجار كلها، ولكن الدراسة الممعنة فى الدقة دلت على أنها لم تكن فوهات نيزكية، وإنما تشكيلات طبيعية نشأت عن تحركات الجليد الدائم تحت السطح، ولا أثر لأية بقايا من النيزك. وثارت المناقشات طويلاً بين علماء الفلك حول ما حدث فى «تانجوسكا» وكان هناك رأى يقول إن السبب يرجع إلى اصطدام نيزك هائل بالأرض أحدث كل هذا الدمار وسبّب الانفجار.

**ثقب أسود.. يخترق كوكب الأرض**

إن آخر نظرية تحاول تفسير ما حدث فى «تانجوسكا» هو ما كتبه العالمان الفلكيان الأمريكيان «جاكسون» و«ريان» من جامعة تكساس بالولايات المتحدة فى مقال بمجلة «نيتشر» فى شهر سبتمبر عام ١٩٧٣.

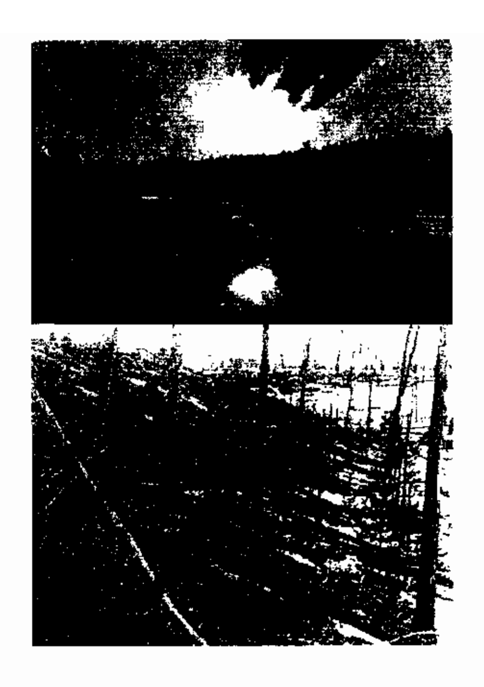
فقد أوضح العالمان أن سبب الانفجار المروّع هو اصطدام الأرض بثقب أسود غاية فى الصغر قدرا نصف قطره بحوالى واحد من مليون من السنتيمتر، وله قوة جاذبية هائلة التأثير، وعندما اقترب من الكرة الأرضية بسرعة أكبر من سرعة الإفلات منها Escape Velocity «أى السرعة اللازمة للإفلات من جاذبية الأرض» اصطدم بها ثم اخترقها واختفى مرة أخرى فى الفضاء.

وقد تسبب مرور هذا الثقب الأسود الدقيق فى جو كوكب الأرض، إلى حدوث هذا الانفجار وظهور اللون الأزرق المتألق أثناء اندفاعه من الفضاء إلى الأرض. وعاد العالمان ليؤكدا بأن الثقب الأسود قد عاد مرة أخرى منطلقا من أسفل شمال المحيط الأطلنطى عند خط عرض ٤٠-٥٠ شمالا وخط طول ٣٠-٤٠ غربا، وفى هذه المنطقة لابد أنه قد حدثت هزات أرضية واضطرابات شديدة فى المحيط.

وعلى الرغم من أن احتمال اصطدام كوكب الأرض

بثقب أسود هو احتمال يكاد أن يكون مستحيلاً، إلا أن تفسير حادث «تانجوسكا» بتأثير ثقب أسود صغيرجدًا يبدو أمرًا مثيرًا ولنفرض جدلا أن هذا هو ما حدث فعلاً فما الذى كان يمكن أن يحدث لو كان الثقب الأسود قد اندفع إلى الأرض بسرعة أقل من سرعة الإفلات؟ تسألنى فأجيبك: حدوث كارثة مروعة، فبعد اصطدام الثقب الأسود بسطح الكرة الأرضية لن يخترقها إلى الفضاء مرة أخرى، بل سوف يستقر فى باطنها ويأخذ فى التهام المواد من حوله مستخدما جاذبيته الجبارة على الرغم من ضآلة حجمه.

وسيتم التهام كوكب الأرض فى وقت طويل، وذلك لصغر حجم الثقب الأسود، ولكن قوته فى الابتلاع ستزداد كلما كبر حجمه. أى أنه إذا استقر ثقب أسود فى مركز كرتنا الأرضية، فاختفاء كوكبنا أمر لا يمكن تلافيه مهما حدث من تقدم علمى وتكنولوجى فى المستقبل.



## تحول مجرة إلى ثقب أسود

يقول بعض علماء الفلك بأنه لو لم تكن مجرتنا «الطريق اللبنى» تدور، لتحولت منذ زمن بعيد إلى ثقب أسود هائل. ولم ينقذنا من هذا المصير، إلا مدارات النجوم فى المجرة مما

يوازن قوة الجاذبية مع مركزها ولكن احتمال تكوّن ثقوب سوداء من مجرات كاملة منهارة، هو احتمال وارد ومن ناحية أخرى تنبأ عالم شهير «ستيفن هوكنج» من جامعة كمبردج بإمكان وجود ثقب أسود صغير جدًّ، وأوضح أيضًا بأن كلا من الكثافة وتيارات الجاذبية تزداد مع صغر حجم الثقب الأسود.



وناقش العلماء أيضًا الرأى القائل بأن هناك ثقبًا أسود هائلاً فى مركز مجرتنا، تبلغ كتلته بين عشرة آلاف ومائة مليون مثل كتلة الشمس. إذ اتضح وجود مصدر للطاقة فى هذه المنطقة على شكل نبضات راديوية وأشعة تحت الحمراء Infrared Radiation.



إن علماء الفلك يعتمدون على النبضات الراديوية والأشعة تحت الحمراء، لإعطائهم فكرة عما يوجد فى مركز مجرتنا. وقد قال بعض العلماء بأن الموجات تحت الحمراء «الموجات الحرارية»، تصدر من سحابة هائلة من الغبار الكونى ولكن هذا لا يعد مصدرًا للطاقة. إذ لابد من عامل يرفع درجة الحرارة فى هذا الغبار الكونى، حتى يكون قادرًا على إصدار الموجات تحت الحمراء ويرجح العلماء بأن هناك ثقبًا أسود هائلاً فى مركز مجرتنا.

وقد يبدو انهيار مجرات بأكملها داخل ثقوب سوداء مجرد خيال جامح، ولكن هناك دلائل على وجود مواد بكميات هائلة غير مرئية فى عناقيد المجرات Clusters of Galaxies. ويتخلل حشود المجرات هذه مادة خفيّة تكوّن معظم الكون، عبارة عن غازات وغبار كونى ومواد أخرى مجهولة وهى التى يطلق عليها «المادة المظلمة» Dark Matter. وهناك احتمال أن تكون هذه المادة المظلمة مكونة من ثقوب سوداء كبيرة وصغيرة ومنها تتشكل النسبة الكبرى فى هذا الكون.

إن البحث عن الثقوب السوداء ليس كاملاً بأى حال من الأحوال، بل هناك حاجة ماسة إلى أبحاث فلكية كثيرة تقوم على المشاهدات والرصد والأبحاث الرياضية والفيزيائية الكونية النظرية، لكى تتضح معالم هذا اللغز الكونى الغامض.

## النجم النيوترونى.. لغز كونى!

اكتشف علماء الفلك مصادر قوية لإشعاعات جاما فى أعماق الكون، أطلقوا عليها «متدفقات» بسبب كثافة إشعاعات جاما التى تنطلق منها. وتوالت الاكتشافات المثيرة إذ اتضح أن هذه المتدفقات لإشعاعات جاما هى نجوم نيوترونية Neutron Stars أى نجوم نابضة Pulsars فما هى النجوم النيوترونية والنجوم النابضة، وكيف تصدر عنها إشعاعات جاما؟

### حجم ضئيل.. وكثافة مروعة

فى الظروف العادية يمكن أن يتفكك النيوترون (متعادل الشحنة) إلى بروتون (موجب الشحنة) وإلكترون (سالب الشحنة)، ولكن تحت ظروف قوى الجاذبية المروّعة التى تعترى النجم فى مرحلة «السوبر نوفا»، فإن تقلص المادة الشديد فى حجم غاية فى الصغر النسبى الذى يقرّب ما بين الذرات، واندفاع الكتل الهائلة إلى قلب النجم بسرعة جنونية

لتسحق مادتها، يؤدى هذا إلى أن الإلكترونات تقترب من نواتها لتدور ملاصقة لها، ثم تتولد لها طاقة إضافية عالية نتيجة اقترابها من النواة تتيح لها التفاعل مع البروتونات المكونة للنواة.



كما يؤدى الالتحام مع البروتونات (التى تسكن النواة) إلى تعادل شحنة الإلكترونات السالبة، مع الشحنة الموجبة للبروتونات. وبهذا تتحول إلى نيوترونات متعادلة الشحنة، أى أن هذا التفاعل أدى إلى تخليق النيوترون واختفاء الإلكترون. ينتج عن هذا التحول نقص مفاجئ فى التركيب الذرى (حيث كان يتكون من قبل من بروتون وإلكترون) وبهذا الانخفاض تعمل الجاذبية على تقليص المادة أكثر وهكذا ينشأ النجم النيوترونى، مكونا كله تقريبًا من نيوترونات. وكنتيجة لهذه الانكماشات واختفاء الفراغات الذرية، يتقلص حجم النجم الهائل إلى أن يبلغ قطره حوالى عشرة كيلو مترات فقط، ومع هذا يحتوى على مادة هائلة، وهكذا يزن السنتيمتر المكعب من مادة النجم النيوترونى حوالى مائة مليون طن!

### سجن.. فوتونات الضوء

بزيادة جاذبية النجم النيوترونى لا تستطيع حتى فوتونات الضوء الإفلات من قبضة الجاذبية، بالرغم من أن

فوتونات الضوء تتأثر عادة قليلاً بالجاذبية، لكن زيادة الجاذبية الجبارة فى نجم نيوترونى يمنع الفوتونات من الإفلات. وهكذا تنحنى الفوتونات فى مدارات حول النجم النيوترونى فى شكل طبقة سحابية خافتة. والنجم النيوترونى الميت – رغم كثافته وثقله الهائلين – ليس إلا حالة من الحالات العديدة التى تنتهى بها حياة النجوم، بعد حياة حافلة بالنشاط امتدت لملايين السنين. من الناحية النظرية يمكن أن ينتج نجم نيوترونى من إنهيار كتلة النجم الذى يفوق كتلة الشمس بكثير. وينشأ النجم النيوترونى عندما تقلص قوى الجاذبية المادة فى حجم صغير للغاية، لدرجة أن الإلكترونات تستطيع أن تدور ملاصقة لنواتها دون أن يفصلها فراغ، وذلك للتقارب الشديد بين الذرات.

وتوضح نظرية حديثة، أن الإلكترونات تحصل فى مثل هذا التقارب، على طاقة إضافية وأن طاقتها تصبح عند نقطة معينة عالية جدًا، بدرجة تجعلها تتفاعل مع البروتونات فى

النــواة، مكــونة النيوترونات التى تكــوّن معظــم النجم النيوترونى، ومنها اشتق اسمه.



## دوران سريع.. مذهل

والنجم النيوترونى فى حالة دوران سريع حول نفسه، بشكل مذهل، إذ يعتقد علماء الفلك أن معدل دورانه يبلغ حوالى مائتى مرة فى الثانية الواحدة وربما أكثر، دون أن يتفتت فى الفضاء.

ومعدل الدوران الهائل هذا، والكثافة المروّعة التى لا يمكن تصورها والمجالات المغنطيسية الجبارة التى تحيط بالنجم النيوترونى بسبب هذه الكثافة، والطبقات «الجوية» الغريبة التى تغلفه، كلها تجعل من الصعب على علماء الفلك تخيل شكل النجم النيوترونى!

منذ عدة سنوات، يحاول علماء الفيزياء الفلكية كشف أسرار النجوم النيوترونية، ومحاولة تصور تركيبها، ويعتقد العلماء أن النجم النيوترونى مكون من طبقتين، أولاهما سطحية عمقها عدة أمتار تتكون من مادة فى صلابة المعدن، أما الطبقة الثانية - والتى يبلغ سمكها عدة كيلو مترات -

فدرجة كثافتها لا يمكن تصورها، وتظهر الدراسات الفلكية الحديثة، بأنها أشد صلابة من أى معدن معروف لنا بـ $١٠^{١٧}$ (أى رقم عشرة وبجانبه سبعة عشر صفرًا!) ويمكن النظر إلى النجم النيوترونى، كأنه نواة ضخمة للذرة. والفرق الوحيد بينهما أن النجم النيوترونى يتماسك بفعل الجاذبية الشديدة، أما الذرة فتتماسك بالقوة النووية، كما أن النجم النيوترونى قد اندمجت إلكتروناته مع بروتوناته، وأنتجت نيوترونات. ويعتقد علماء الفلك أن ذلك النجم الخافت الذى يتوسط سديم السرطان هو نجم نيوترونى، وقد تخلف عن الإنفجار الجبار (السوبر نوفا)، ذلك الانفجار الذى شاهده فلكيو الصين القدماء فى هذه المنطقة فى عام ١٠٥٤ ميلادية، ولكن الذى يحير علماء الفلك أكثر تلك النبضات الراديوية المنتظمة التى تنبعث من النجوم النيوترونية.

## منارات فضائية

اكتشفت النجوم النابضة فى عام ١٩٦٧ بواسطة تلسكوب راديوى قوى وما وجد فى حقيقة الأمر كان عبارة

عن مساحة فى الكون مستمرة فى إرسال نبضات راديوية بانتظام دقيق، ثم تعاقب بعد ذلك الاكتشافات السريعة التى أوضحت أن معدل نبض هذه النجوم المختلفة متغير، على الرغم من أن المعدل ظل فى جميعها قصيرًا والانبعاث دقيقًا (حوالى ۰,۳ من الثانية) لقد كان توقيت النبضات منتظما إلى الحد الذى يمكن منه الاستدلال، عما إذا كانت الأرض أثناء دورانها فى مدارها متجهة نحو الشمس، أو مبتعدة عنها.

وكان أهم نجم نابض قد اكتشف فى نفس مكان النجم النيوترونى، فى وسط سديم السرطان الذى بقى كأثر للسوبرنوفا، والذى كان ينبض بمعدل ثلاثين مرة فى الثانية الواحدة! ومن هنا وجدت العلاقة بين النجم النيوترونى والنجم النابض واتضح أنهما شىء واحد.

وتنشأ نبضة النجم النيوترونى نتيجة لدورانه، فكل مرة يدور حول نفسه، تصدر منه نبضة فيلتقطها التلسكوب الراديوى فوق الأرض. ويمكن أن تشبه هذه الحالة، بما يفعله الفنار الذى يهدى السفن: فكلما صدر منه شعاع فى اتجاه معين يمكن رؤيته من هذا الاتجاه، ثم يتجه الشعاع إلى جهة أخرى

فلا يمكن رؤيته، ويعود مرة أخرى إلى الاتجاه الأول، وهكذا بسرعة منتظمة وفى أوقات محددة. لكن ما الذى يجعل النابض (أى النجم النيوترونى) ينبض؟ تقول نظرية فلكية حديثه، فى تفسيرها لسبب هذا النبض المنتظم من النجم النيوترونى، بأن النبض ينقل بواسطة موجة الضغط إلى الغلاف «الجوى» الغريب والكثيف جدًا الذى يحيط بالنجم النيوترونى النابض، والذى يرتبط معه المحور المغنطيسى وخطوط المجال المغنطيسى الهائل.

وتتحول موجة الضغط فى الغلاف «الجوى» إلى موجة اصطدامية، تعمل أثناء اندفاعها إلى الخارج على تعجيل الإلكترونات، إلى سرعات خيالية. هذه الإلكترونات سريعة الحركة تولّد أثناء اندفاعها خلال الغلاف «الجوى» العلوى المتأين Ionized (أى يحتوى على أيونات، وهى عبارة عن مجموعة متماسكة من الذرات لها شحنة موجبة أو سالبة) تلك الموجة الراديوية أو النبضات التى تصدر عن النجوم النيوترونية، وتلتقطها التلسكوبات الراديوية.



ولكن كيف تصدر إشعاعات جاما (إشعاعات كهرمغنطيسية عالية التردد «قصيرة الموجة») من النجوم النيوترونية النابضة؟ يمكن النظر إلى النجوم النيوترونية وكأنها مغنطيسات جبارة تدور بسرعة هائلة، حيث تتم تعجيل الجسيمات دون الذرية إلى طاقات مروّعة فى المناطق التى تسودها المجالات المغنطيسية الجبارة. وهذه الجسيمات دون الذرية هى المسئولة عن إصدار إشعاعات جاما، وهناك نحو ستمائة نجم نابض، تم رصدها حتى الآن فى مناطق مختلفة من أعماق الكون. كما فى المجموعة النجمية «الشراع»، ولكن سبعا فقط منها هى التى تصدر عنها إشعاعات جاما بشكل بالغ الكثافة. وهذه النجوم النابضة هى التى تتركز عليها الدراسات الفلكية لأنها فى مرحلة «الشباب»، كما أنها قريبة نسبيا ويمكن رصدها بسهولة بواسطة التلسكوبات المخصصة لرصد إشعاعات جاما.

أتضح أن المجال المغنطيسى للنجوم النيوترونية النابضة يزيد بمقدار تريليون مرة (مليون مليون)، عن المجال المغناطيسى لكوكب الأرض. وتنبض هذه النجوم بسبب الإلكترونات التى يتم تعجيلها بالقرب من القطبين المغنطيسيين، والتى لا تتوازى مع محور الدوران للنجم النيوترونى النابض.

وتنطلق الإلكترونات من النجم النيوترونى النابض إلى الخارج، حتى تصل إلى سرعة الضوء – ولكنها ماتزال تدور مع النجم – وهنا تتوقف الإلكترونات وتطلق بعضا من الطاقة التى اكتسبتها، فى شكل إشعاعات جاما واكس، وتأتى هذه الإشعاعات بنفس معدل دوران النجم النيوترونى النابض ومن ثم تبدو متكررة فى فترات منتظمة.

يأمل العلماء بأنه بتطوير أجهزة التقاط إشعاعات جاما، يمكن فى المستقبل التعرف بتفصيل أكثر عن هذه الأجسام الفضائية المثيرة.. النجوم النيوترونية النابضة.

## الجسيم.. الشبح

فى كل ثانية، تخترق جسمك آلاف الملايين من الجسيمات دون الذرية، دون أن تلاحظ وجودها، ثم تتجه إلى باطن الأرض بسرعة الضوء التى تبلغ ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية الواحدة. ويطلق على هذا الجسيم الدقيق «النيوترينو» Neutrino.

وينتج النيوترينو فى قلب الشمس، والنجوم الأخرى، بكميات هائلة نتيجة التفاعلات النووية الجبارة، فعندما يصطدم بروتونان ببعضهما البعض، وكل بروتون فى الواقع عبارة عن نواة ذرة هيدروجين منزوعًا منها إلكترونها الوحيد. وبإلتحام مثل هذين البروتونين تحدث أشياء كثيرة، إذ يكّونان معًا نواة النظير الثقيل للهيدروجين، أى الديوتيريم Deuterium، وكناتج جانبى للإصطدام ينشأ من فائض طاقة الحركة والشحنة، إنتاج شيئين آخرين: نيوترينو وبوزيترون Positron(الإلكترون المضاد الموجب الشحنة) ، ويسير هذا

فى الإطار الذى تتناقله كتب الفيزياء من أن كلا من الكتلة والطاقة، لا تفنى ولا تخلق من العدم.

**علم الفلك.. النيوترينوى**

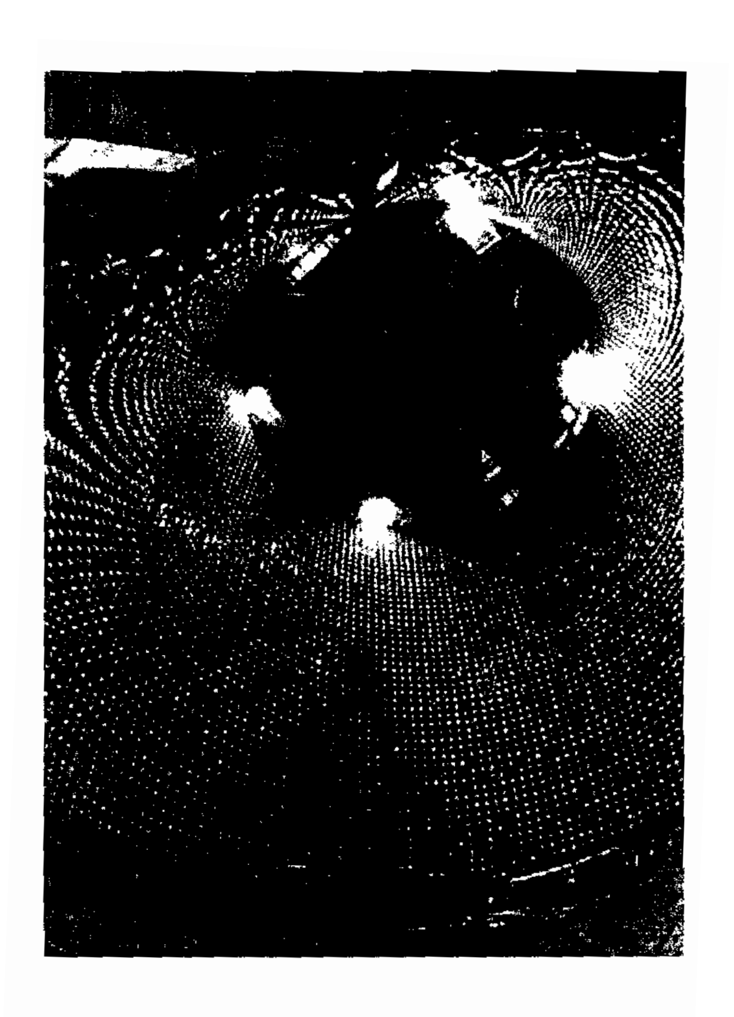
ظهر مؤخرًا ما يطلق عليه «علم الفلك النيوترينوى»، والذى يبحث فى محاولة كشف أسرار جسيمات «النيوترينو» ودراستها تمهيدًا للتعرف على بعض الظواهر الكونية التى تنشأ عنها هذه الجسيمات المراوغة.

أن النيوترينو الذى يمتلك إمكانيات عظيمة للنفوذ فى المادة، يمر خلال كل طبقة من المادة الشمسية، دون أى إعاقة ويصل إلى كوكب الأرض. ولو تمكن العلماء من التوصل إلى فهم طبيعة النيوترينو الشمسى، لتعرفوا بشكل دقيق عما يحدث فى مركز الشمس ومن ثم فى باقى نجوم الكون.

ووفقًا لنظرية التفاعلات الحرارية النووية، يمر خلال كل سنتيمتر مربع من سطح الأرض أكثر من خمسين ألف مليون نيوترينو شمسى فى الثانية الواحدة! ولو وضعنا فى طريق هذا

التيار النيوترينوى المتدفق، صهريجا فيه مادة تحتوى مادة يمكن أن يتفاعل معها النيوترينو - مثل «البركلور الإثيلينى» Ethylene Prochlor - وهو سائل يستعمل على نطاق واسع فى التنظيف الكيميائى للملابس. وتم وضع صهريج ضخم فى منجم مهجور بولاية داكوتا الجنوبية فى الولايات المتحدة، على عمق كبير وملء بهذا السائل الكيميائى.

وكان معروفًا أن جسيمات النيوترينو، إذا تفاعلت مع سائل «البركلور الاثيلينى» فإنه يتحول إلى مادة أخرى هى «الأرجون» Argon ، وهى ذات نشاط إشعاعى يمكن قياسه بواسطة أجهزة القياس الحساسة، والتى وضعت داخل الصهريج. ولكن لم تثبت مثل هذه التجارب نجاحًا كبيرًا فى التعرف بدقة على هذا الجسيم اللغز، والذى يطلق عليه «الجسيم الشبح» نظرًا لطبيعته الغريبة وغير المرئية. ومن أحدث هذه «التلسكوبات النيوترينوية» ذلك الذى أقيم تحت أحد جبال اليابان وأطلق عليه «كميو كاند الفائق».



ويجرى العلماء فى الوقت الحاضر تجارب على النيوترينو. للتعرف عما إذا كان لهذا الجسيم دون الذرى.. كتلة. فقد ساد الاعتقاد طويلاً بأن النيوترينو ليس له شحنة أو كتلة، ولكن هناك دلائل لم تتأكد بعد أن للنيوترينو كتلة ضئيلة للغاية، ومعنى هذا أن يعيد علماء الفيزياء صياغة نظرياتهم، وفقًا لهذا الاكتشاف المثير الجديد. ولكن ما أهمية الوصول إلى معرفة عما إذا كان لجسيم النيوترينو كتلة أم لا؟ الواقع أن هذا يؤثر على النظريات التى تشرح طبيعة الكون. إذ أنه من المعروف أن الكون فى حالة تمدد وأن معظم المجرات – جزر الكون الكبرى – تتباعد عن بعضها البعض. ويتساءل العلماء دائمًا: إلى متى يستمر هذا التمدد؟

إذا كانت النيوترينوات – التى تملأ الكون – بلا كتلة، فإن هذا التمدد سوف يستمر غالبًا إلى الأبد، أما إذا كان لهذه الجسيمات كتلة، معنى ذلك أنه سيأتى الوقت، الذى يتوقف

فيه تمدد الكون ليحدث إنكماش أعظم Big Crunsh لينتهى به الكون، الذى بدأ بالانفجار الأعظم Big Bang.

وكذلك إذا كانت لجسيمات النيوترينو كتلة، فربما هذا يؤدى إلى قياس كتلة المادة المظلمة Dark Matter – التى تكوّن أكثر من ٩٠٪ من مادة الكون – والتى يعتقد بعض العلماء بأنها مكوّنة من النيوترينوات.

### الأشعة الكونية.. والنيوترينو

وهناك ثلاثة أنواع لجسيم النيوترينو، يطلق عليها «نكهات» Flavors ، وهى: نيوترينو الإلكترون ونيوترينو الميون ونيوترينو التاو (وجسيمات «الميون» و«التاو» يمكن اعتبارها إلكترونات ثقيلة).

وعندما تصطدم الأشعة الكونية – وهى إشعاعات قوية من أعماق الكون – بالغلاف الجوى لكوكب الأرض، فإنه ينتج عن هذا نيوترينوات ذات طاقة عالية، ولكن الصخور

فى باطن الأرض والتى يبلغ سمكها نحو ١٢٨٠٠ كيلو متر، لا تمثل عائقًا أمام هذه الجسيمات العجيبة. ويعتقد عدد من العلماء أن النيوترينو تتغير طبيعته، فقد يتحوّل النيوترينو ميون إلى النيوترينو تاو أو إلى أى نوع آخر لم يُكتشف بعد.

وتقول نظرية «ميكانيكا الكم» «Quantum Mechanics» أنه إذا حدث هذا التحول بين أنواع النيوترينو، فمعنى ذلك – بالنسبة لنوع واحد على الأقل – أن له كتلة ما. ومؤخرًا، أثبتت بعض التجارب فى «التلسكوب النيوترينوى» بالمختبر «كميو كاند الفائق» فى اليابان، حدوث مثل هذه التحولات بين أنواع النيوترينو.

ولكن لم يمكن التوصل حتى الآن، إلى مقدار كتلة النيوترينو، ولكن الذى أمكن معرفته هو الاختلاف فى الكتلة بين نيوترينو ميون والنيوترينو الذى تحوّل إليه.

وربما يكون أن أنواع النيوترينو له كتلة تبلغ نحو واحد من خمسة ملايين من كتلة الإلكترون، بينما تكون الأنواع الأخرى بلا كتلة!

وحتى فى هذه الحالة فإن وزن النيوترينوات سوف يكوّن نحو عشرة بالمئة من وزن الكون المرئى. ولكن معظم الفيزيائيين يعتقدون فى الوقت الحاضر، بأن كل أنواع جسيمات النيوترينو، لها كتلة ولكنها ضئيلة جدًا.

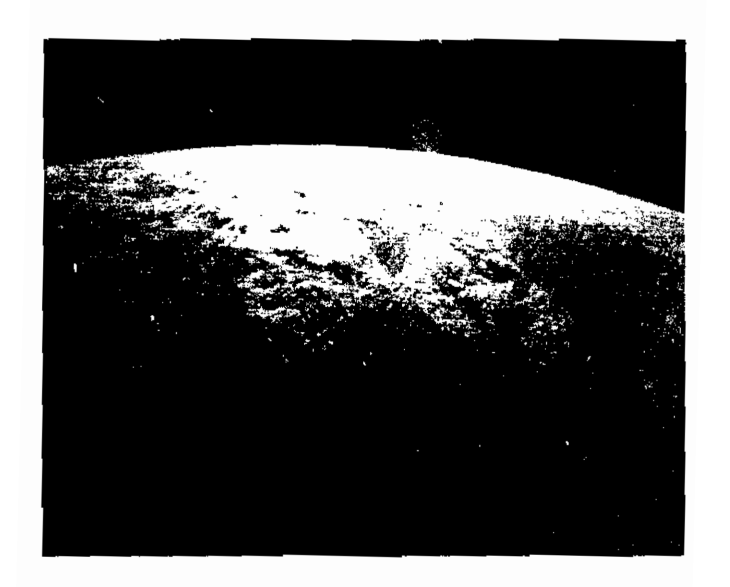
وإذا كان العلماء يتوصلون إلى صياغة معادلاتهم الرياضية، بسهولة أكبر، لو كانت النيوترينوات بلا كتلة، فإن وجود كتلة لها - ولو كانت بالغة الضآلة - سوف تجعل الكون أكبر وزنًا، إذ سوف تمثل جسيمات النيوترينو ثقلاً يزيد عن كل المادة الموجودة فى الكون. ومعنى هذا، على علماء الفيزياء أن يعيدوا حساباتهم ومعادلاتهم الرياضية - وربما بهذا يقتربون من التوصل إلى «نظرية كل شىء» - ولا شك أن هذا سوف يكون فى بؤرة الاهتمام العلمى فى القرن الحادى والعشرين.

## كوكب الأرض.. سفينة فضاء

كوكب الأرض هو دنيانا التى نعيش فيها، وهو كوكب صغير إلا أنه غير عادى، ويوجد – مع المجموعة الشمسية – فى مجرة «الطريق اللبنى» Milky way حيث تقل كثافة النجوم نسبيًا على بعد ثلثى المسافة من مركز مجرتنا، كما أنه الكوكب الثالث بعدًا من الشمس بعد كوكبى عطارد والزهرة، ويبلغ قطر كوكب الأرض حوالى ١٢٦٠٠ كيلو متر.

ونحن فوق الأرض، أشبه ما نكون بركاب سفينة فضاء سقفها الغلاف الجوى الذى تتعدد وظائفه وخدماته. وجو دنيانا مكيف بحيث ترسل السفينة وسقفها إلى الفضاء، نفس الطاقة التى تكتسبها من الشمس، فتظل محتفظة بنفس معدلات درجات الحرارة على مر السنين، وهذا هو السبب فى استمرار الحياة فوق سطحها. ولكن سفينة الفضاء هذه إنما تخدعنا، لأنها تبدو وكأنها تقف ثابتة فى الفضاء، بينما يدور الكون بأسره من حولها، أما حقيقة الأمر، فهو أن أرضنا تلف

وتتمايل وتهتز وتسبح فى الفضاء بسرعة تبلغ ثلاثين كيلو مترا فى الثانية، فى طريقها حول الشمس ثم مع الشمس حول مركز مجرتنا، ثم مع المجرة التى تتحرك بدورها مع البلايين من المجرات، التى يتكون من مجموعها.. الكون.



ويسحب كوكب الأرض فى رحلته الكونية، ما يحيط به من أغلفة مرئية (مثل المحيطين اليابس والمائى) أو غير مرئية (مثل المحيط الهوائى أى الغلاف الجوى)، كوحدة لا تتجزأ.



والغلاف الجوى طبقة فسيحة الأرجاء من الغازات يحيط بالكرة الأرضية تمامًا، وهو دائم الحركة يكوّن وحدة لا انفصال فيها. ويؤثر فى جميع أرجاء كوكب الأرض، فمراكز العواصف وأماكن الاستقرار الجوى والتيارات المختلفة، وكتل الهواء الباردة والساخنة، لا تعترف بالحدود بين الدول.

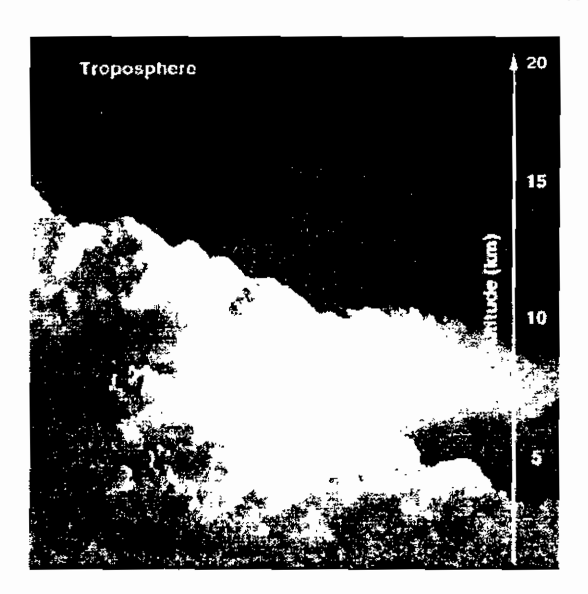
ولكن مم يتكون الغلاف الجوى؟

تسألنى فأجيبك. يقسم العلماء جو الأرض إلى خمس طبقات بعضها فوق بعض:

- طبقة التروبوسفير Troposphere .
- طبقة الستراتوسفير Stratosphere .
- طبقة الأوزونوسفير Ozonosphere .
- طبقة الأيونوسفير Ionosphere .
- طبقة الإكسوسفير Exosphere .

## التروبوسفير (المحيط المتغيّر)

هى الطبقة التى نعيش فى جزئها الأسفل الملاصق لسطح الأرض، ويبلغ ارتفاع هذه الطبقة فى المتوسط نحو ١٢ كيلو مترا فوق سطح البحر، وهى طبقة عدم الاستقرار وموطن التقلبات الجوية، حيث تنشأ السحب وتتولد العواصف المختلفة.



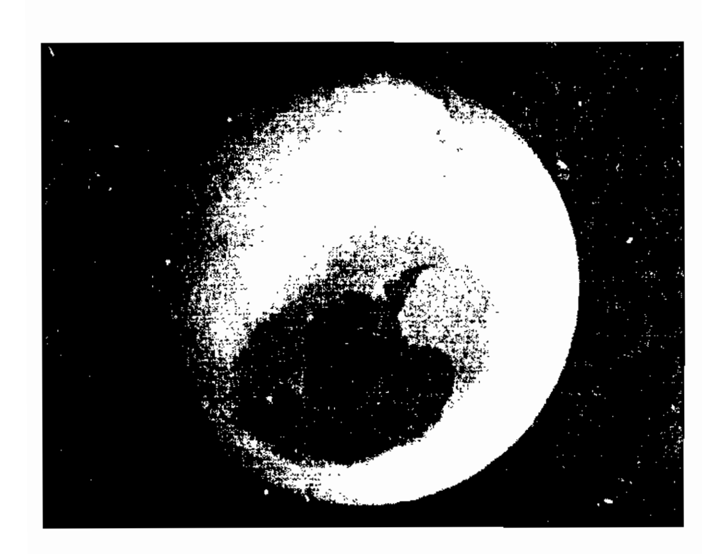
## الستراتوسفير (المحيط ذو الطبقات)

يبلغ سمكها حوالى ٣٠ كيلو مترا، وهى طبقة من الهواء الرقيق وتعلو طبقة التروبوسفير، وتجتاحها الرياح العاتية. إذ ينساب فى قاعدتها نهران من التيارات الهوائية، يجريان حول معظم الكرة الأرضية، ويعرفان باسم «تيارات الرياح المتدفقة» Jet-Streams.



### الأوزونوسفير (منطقة تجمع الأوزون)

يتحول فى هذه الطبقة، جزء من غاز الأكسوجين إلى غاز الأوزون (غاز أزرق ذو رائحة حادة) بفعل الأشعة فوق البنفسجية القوية التى تصدرها الشمس، وتؤثر فى هذا الجزء من الغلاف الجوى، نظرًا لعدم وجود طبقات سميكة من الهواء فوقه لوقايته.



ولهذه الطبقة أهمية حيوية بالنسبة لنا، ذلك أنها تحول دون وصول الموجات فوق البنفسجية القوية بتركيز كبير إلينا، حيث إن الكميات التى تنفذ من ثقوب طبقة الأوزون بسيطة نسبيًا. إذ لو أدركتنا هذه الأشعة فوق البنفسجية (أشعة كهرمغنطيسية غير مرئية، تمتاز بقدرتها العالية على تأيين الغازات)، لتأثرت الحياة فوق سطح الكرة الأرضية.

**الأيونوسفير (الطبقة المتاينة)**

تتميز بأرجائها الغامضة العجيبة، ومناطقها النائية الشبيهة بالفراغ (إذ لا يوجد ما يطلق عليه «فراغا» Vacuum فى الكون كله). بل هى مناطق تنشأ فيها نوع غريب من الجسيمات تسمى «الجسيمات الافتراضية» Virtual Particles تولد وتموت فى أجزاء بالغة الضآلة من الثانية الواحدة.

وتتعرض طبقة الأيونوسفير تمامًا لأشعة الشمس، خاصة الأشعة فوق البنفسجية، التى تعمل على تحطيم ذرات غاز الأكسوجين والنيتروجين بها، فتفقدها أحد إلكتروناتها فتصبح متأينة Ionized أى مشحونة كهربائيًا. والمعروف أن الذرة متعادلة كهربائيًا فى الحالة العادية.

ومن خصائص هذه الطبقة، أنها تمتص وتعكس الموجات اللاسلكية، فيما يسمى الحزام الأيونى. وارتفاع الحزام الأيونى دائب التغير من فصل إلى آخر، بل من يوم لآخر وربما يتغير ارتفاعه عدة مرات فى اليوم الواحد.

وتظهر فى طبقة الأيونوسفير ظاهرة طبيعية غريبة فعندما تنطلق من الشمس جسيمات مشحونة وبخاصة عند ظهور البقع الشمسية sunspots والتأججات الشمسية Flares، تسرع باتجاه كوكب الأرض، وتصطدم هذه الجسيمات المشحونة كهربيًا بالغازات التى توجد فى هذه الطبقة - لأنها أول طبقة متأينة تقابلها – فتتوهج وينشأ عن ذلك مشهد، يختلف فى شكله من قوس إلى ستارة إلى نافورة تخرج وهجًا من الضوء الأبيض فى العادة، ولكن قد يصدر عنها أحيانًا أضواء ذات ألوان خضراء وصفراء وحمراء وبنفسجية، ويطلق على هذه الظاهرة الشفق القطبى Aurora Borealis .

**الإكسوسفير «الطبقة الخارجية»**

تمتد هذه الطبقة الخامسة والأخيرة من طبقات الغلاف الجوى إلى ارتفاع قد يصل إلى ١٣٠٠ كيلو متر، ويحتمل أن

يوجد بها بعض ذرات متفرقة من الأكسوجين والنيتروجين، ويزداد التفرق بين هذه الذرات كلما اتجهنا إلى حد يصبح التلاقى بينهما منعدمًا تقريبًا.

**أضف لمعلوماتك**

● توجد الأشعة الكونية Cosmic Rays الفتّاكة وأشعة أكس وكذلك الشهب التى تبدأ بالاحتراق فى الأقسام السفلى من الأيونوسفير، وكل ذلك خطر على حياة الإنسان وكذلك للمركبات الفضائية.

● الطبقات المشحونة كهربائيًا، هى عبارة عن مرايا عاكسة، تنعكس عليها الموجات الراديوية الصادرة من محطات الإذاعة لترتد ثانية إلى الأرض.

● تحتوى طبقة التروبوسفير على أكثر من ٧٥٪ من غازات الغلاف الجوى بأسره، كما أنها تعد بمثابة قاع للمحيط الهوائى، وأشده كثافة.

## .. عندما تغنى البراكين!

تتشابه الأفيال والحيتان.. والبراكين، فى أنها تصدر أصواتًا منخفضة التردد Low-Frequency Sounds تحمل فى طياتها رسالة ما. ومن بين حوالى ١٥٠٠ بركان نشط على كوكب الأرض نجد أن ما بين ٥٠ إلى ٧٠ منها يثور فى وقت من الأوقات وعلى مستوى العالم يعيش حوالى ٥٠٠ مليون شخص فى مناطق البراكين بالدمار ويعمل خبراء البراكين على مساعدة هؤلاء البشر لكى لا يلاقوا مصير سكان مدينتى «أرميرو» الكولومبية و«سانت بيير» بجزيرة «مارتينيك» فى البحر الكاريبى اللتين دمرتا ببركانين ثائرين.

## زلازل.. وموجات تحت سمعية

يدرس الباحثون الموجات تحت السمعية Infrasonic (موجات دون مدى السمع) التى تصدر عن البراكين بغية التوصل إلى فهم أفضل لكيفية ثورانها ومن ثم التنبؤ بطريقة

دقيقة إلى حد ما بهذه الثورات. وبخلاف الزلازل التى تعطى علامات تحذير أقل قبل حدوثها، فإن البراكين ترسل إشارات صوتية، أو إذا شئت «أغانى»، يمكنها أن تحذر أى شخص يصغى إليها بقرب حدوث الانفجار البركانى.



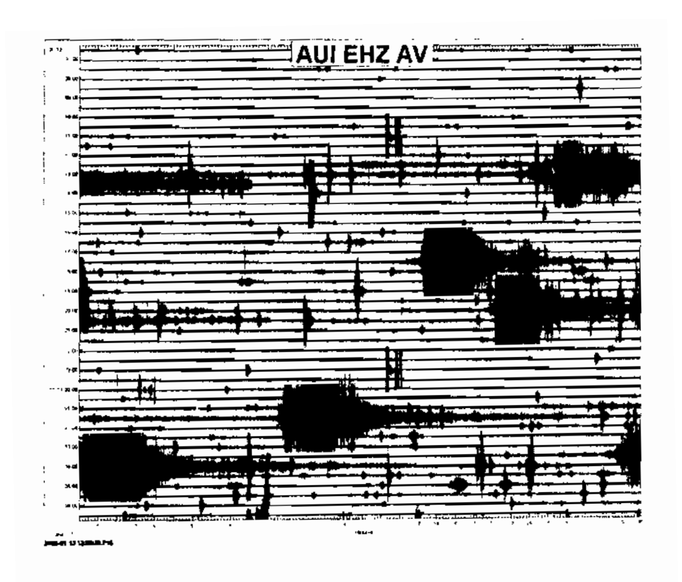
وهذه الموجات الصوتية منخفضة الترددات مصدر غير مستغل لمراقبة البراكين، ومن ثم يقدم الباحثون تقاريرهم التى تنشر فى المجلات العلمية المحكّمة، لنشر الوعى بهذا المصدر بين الناس. والحقيقة أن أجهزة المراقبة هذه رخيصة التكاليف نسبيًا فى تركيبها، ولذلك بدأ المسئولون يلتفتون إلى هذا العلم الجديد والمستقبلى. وقد تمكّن خبراء البراكين أخيرًا من تركيب سماعات دائمة مكّبرة للصوت تلتقط الموجات تحت السمعية عند بركان «دى كوليما» De Colima ، الذى يعتقد بأنه أكثر براكين وسط المكسيك التسعة نشاطًا وتدميرًا.

ومثلما تنتقل الموجات الزلزالية فى طبقات الأرض، فإن الموجات الصوتية تحت السمعية تنتقل فى الهواء عندما يضطرب الجو. وطبقا للتعريف فإن الصوت تحت السمعى ذو ترددات منخفضة للغاية (أقل من ٢٠ هرتز «وحدة تردد تساوى دورة واحدة لكل ثانية») لدرجة أن أذن الإنسان لا تستطيع سماعها. ويمكن للأفيال والحيتان إرسال واستقبال الأصوات تحت السمعية، وكذلك الاتصال ببعضها البعض

بتلك الأصوات عبر مسافات شاسعة. كما أن الانفجارات النووية تنتج أصواتا تحت سمعية، وهذا هو السبب فى أن القوى العالمية العظمى تتنصت عليها لمراقبة الخطر المفروض على إجراء التجارب النووية. وكذلك هناك مصادر أخرى للأصوات تحت السمعية مثل الانهيارات الجليدية وسقوط النيازك والبرق والشلالات.

**التاليف الموسيقى.. البركانى**

وقد أمكن فى الوقت الحاضر تحويل «الدمدمات» Rumblings منخفضة التردد الصادرة من البراكين، إلى ألحان ومقطوعات موسيقية رقيقة، فى محاولة للتنبؤ بوقت الثوران البركانى. فقد نجح باحثون من إيطاليا فى تأليف لحن موسيقى (كونشرتو) Concerto، من التحركات الحادثة فى باطن الأرض بجبل «إتنا» Etna بجزيرة صقلية، ثم قاموا بوضع قطعة موسيقية أخرى من بركان «تونجوبراهو» فى الأكوادور (أمريكا الجنوبية) الذى ثار مؤخرًا.




ومن خلال الربط بين النغمات الموسيقية والمراحل الدقيقة للنشاط البركانى - لكل البراكين - يأمل هذا الفريق العلمى، من معرفة تلك النغمات التى تؤذن بقرب حدوث الثوران البركانى. فإذا أمكن تحديد الأنماط الموسيقية التى تحذر من حدوث الثوران، بات من السهل اتخاذ التدابير

الوقائية المدنية اللازمة قبل حدوث الكارثة بعدة أيام أو ساعات. وهكذا تضيف طريقة الموسيقى المعروفة باسم «تصويت البيانات» Data Sonification أداة حديثة وفاعلة إلى صندوق أدوات خبير البراكين، وتعمل طريقة تصويت البيانات على تحويل البيانات المعقدة إلى أصوات مسموعة.

ويعتمد برنامج تصويت البيانات الذى استخدم فى بركان «إتنا» على تحويل الموجات الزلزالية، غير المسموعة للإنسان التى تنتقل خلال طبقات الأرض، إلى موسيقى. كما استمع الباحثون فى «هاواى» إلى المؤشرات الصوتية الصادرة من أحد البراكين هناك، قبل ثورانه باستخدام صوت منخفض التردد لا تسمعه أذن الإنسان، ولكن تسجله الأجهزة الدقيقة.

ولإنشاء موسيقى البركان يستخدم الفريق رسمًا بيانيًا للهزات الأرضية، وهو عبارة عن تسجيل لتوقيت حدوثها وشدة الموجات الزلزالية، لتتبع أقصاها (قممها) Peaks وأدناها (قيعاناها) Troughs على فواصل موسيقية فارغة، ثم

يغطون الأشكال بنغمات موسيقية. وبعد ذلك يمكن لجهاز التلحين الإلكترونى الرقمى Digital Synthesiser عزف تلك الألحان أو المقطوعات الموسيقية.



ويشبه ذلك عزف أى موسيقى على البيانو، ولا يمكن للمرء أن يتصور أن الذى يعزف تلك الموسيقى بركان! ولكى يبحث الفريق العلمى عن أى مؤشرات تحذيرية، فإنهم يستخدمون برنامجا لتمييز النماذج الموسيقية. وبسبب وجود كمية هائلة من المعلومات المطلوب استيعابها، يقوم الفريق بتوزيع البيانات على شبكة معلومات أو كمبيوترات مترابطة Grid Network. وتستخدم شبكة الكمبيوترات المترابطة أسلوب توزيع بيانات مشكلة واحدة على مئات الكمبيوترات، بهدف التوصل إلى حل لها. ومن خلال دمج قدرة معالجة كل تلك الكمبيوترات - وفى كيان واحد - يمكن اختصار الوقت اللازم للوصول إلى نتيجة نهائية وحاسمة ومن الممكن إرسال البيانات إلى الدول التى تعانى من الثورات البركانية فى كل أنحاء العالم ثم تجميع كل النتائج فى كيان واحد، وعلى ذلك فيمكن الاستفادة من قدرة الكمبيوترات الموجودة فى كل مكان. وعلى الرغم من أن البراكين تختلف تمامًا عن بعضها البعض إلا أن هذا الفريق

العلمى يعتقد، من خلال هذه المنطلق الموسيقى الذى ابتكره، أنه بمقدوره التوصل إلى بعض الجوانب المتماثلة بين البراكين جميعًا.

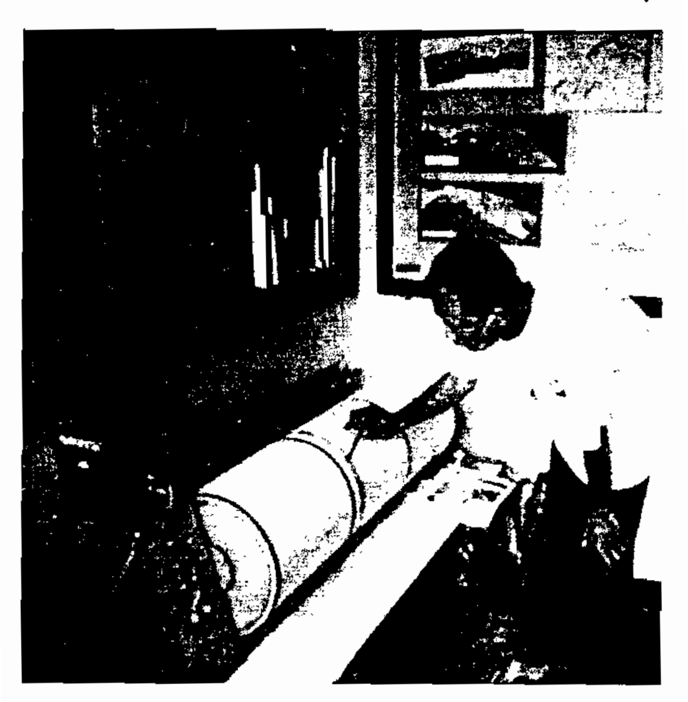


وعمومًا يأمل العلماء فى أن يؤدى استخدام كمبيوترات هائلة القدرة إلى تحويل قراءات الزلازل، إلى دمدمات أو هدير أو طنين أو نغمات موسيقية، مثل تلك التى تصدر من البيانو، مما يساعد الناس على اكتشاف أنماط معقدة من الأحداث. وقد توصلت الأبحاث إلى أنه أسهل على الناس التعرف على الأحداث سمعيا، أفضل من بصريا خاصة باستخدام مكبرات صوت.

فبينما يسهل تشويش وإرباك العين بسرعة بأى أنماط بصرية من بيانات معقدة، فإن الأذن ممتازة فى فرز وتصنيف أنماط البيانات من وسط ضوضاء عشوائية. فأذن الإنسان أكثر حساسية بكثير من عينه، بمعنى أن الإنسان يمكنه إدراك أو اكتشاف أشياء لا يستطيع إدراكها بأى حاسة أخرى لديه.

وعند ضم تسجيلات الموسيقى البركانية تحت السمعية إلى التسجيلات الزلزالية، تمكن خبراء البراكين من مراقبة ورصد تردد وشدة وطبيعة الثورات البركانية وهذه المعلومات

بالغة الأهمية للتنبؤ بالكوارث البركانية التى تهدد حياة البشر أو الرماد البركانى المتصاعد، الذى يمثل تلوثًا خطيرًا للبيئة. وعمومًا فهناك الكثير من المعلومات الغنية فى تلك الموسيقى البركانية.



## الليزر.. أشعة الغد

الليزر.. أشعة عجيبة تتألق فى الأفق العلمى للتكنولوجيا الحديثة.. والمستقبلية.. إنها أشعة الموت والحياة.. فلها قوة تدميرية مروعة للأهداف المعادية فى الفضاء.. كما أن لها القدرة على الإشفاء من السرطان.

### ما هو الليزر؟

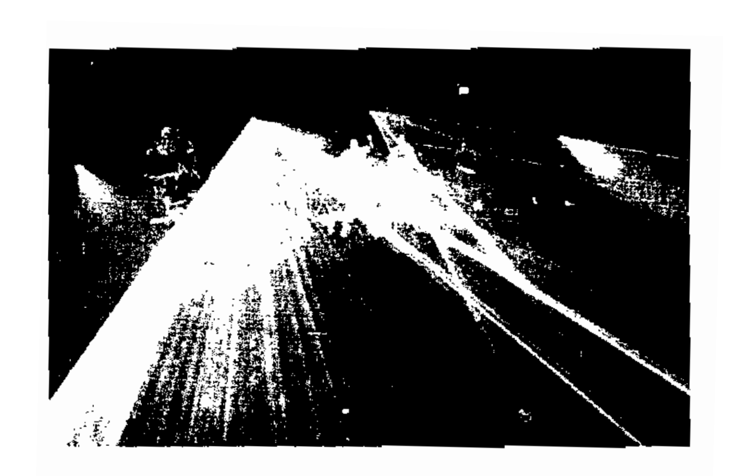
شهد صيف عام ١٩٦٠ أول عرض لمصدر جديد للضوء ذى خصائص فريدة، منها أنه مركز جدًا، ومن ثم فطاقته مروعة، إلى حد أنه يتمكن من إطلاق طاقة تعادل طاقة الشمس. ومن ناحية أخرى يمكن التحكم فى قوة هذا الضوء الجديد، حتى أن الجراحين يستخدمونه فى إجراء العمليات الجراحية الدقيقة فى العين البشرية.

كما يمكن لأشعة هذا الضوء العجيب أن تحدث ثقوبا فى ألواح الصلب السميكة، وكذلك إشعال الكربون، ولأنها تمر فى حزم متوازية ضيقة فيمكن إرسالها من كوكب الأرض إلى

القمر، أى حوالى ٠٠٠, ٤٠٠ كيلو متر، فلا تضىء إلا مساحة يبلغ قطرها حوالى ثلاثة كيلو متر فقط.

وتتميز هذه الأشعة بأنها نقية جدًا ذلك أن كل الضوء الذى بها له نفس الطول الموجى، وهى أيضًا متماسكة أى أن كل الموجات الضوئية بها متماثلة تمامًا، وهذه الخواص لها استخدامات عديدة فى الحياة العملية.

وأطلق العلماء على هذه الأشعة الفريدة «الليزر Laser» وهذه الكلمة مكونة من الحروف الأولى من عبارة Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation أى «تضخيم الضوء بواسطة القذف المثار للإشعاع». وتعتبر أشعة الليزر من أهم المنجزات التى تحققت فى العصر الحديث، إذ أنها أصبحت تستخدم بكفاءة عالية فى مجالات مختلفة، وخصوصًا فى الصناعة والفضاء والطب والحرب، والاتصالات والمعلومات وفن التصوير المجسم (الهولوجرافيا). ولتوضيح طبيعة أشعة الليزر، يجب أن نتعرف على بعض المفاهيم الأساسية والمصطلحات المستخدمة.



## الذرّة

تتكوّن المواد – بأشكالها الصلبة والسائلة والغازية – من مجموعة منتظمة من الذرات، التى هى أصغر جزء من المادة. وتتكون الذرة من نواة مركزية تتضمن بروتونات «ذات شحنات كهربية موجبة» ونيوترونات «ذات شحنات متعادلة». كما أن هناك «كواركات» داخل البروتونات والنيوترونات وحول نواة الذرة هناك إلكترونات «ذات شحنات كهربائية سالبة» تدور فى مدارات مختلفة البعد عن النواة. وتأخذ المادة الشكل الصلب عندما تكون الذرات متقاربة جدًا، أما فى الشكل السائل فيكون لدى الذرات بعض الحرية فى الحركة، وتتباعد الذرات جدًا عن بعضها فى الشكل الغازى.

تنتج الأشعة الكهرمغنطيسية، من تفاعل الذرات المختلفة مع مجالات مغناطيسية وكهربية فى الفضاء، وهى تشمل موجات الراديو والأشعة تحت الحمراء، والأشعة المرئية والأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية «أشعة اكس» وأشعة جاما والأشعة الكونية.

إن الضوء العادى هو شكل من أشكال الطاقة وجزء من الأشعة الكهرمغنطيسية، ويطلق على أصغر وحدات الضوء «الفوتون» وكل منها يحتوى على نبضة طاقة، وتختلف كمية الطاقة حسب طبيعة الفوتون، ويسير الضوء بسرعة تبلغ حوالى ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية الواحدة.

**الضوء العادى.. والليزر**

يتكون الضوء العادى من موجات ضوئية مختلفة الطول والتردد واللون، وهى مختلطة ببعضها دون انتظام. ويمكن أن نتبين هذا إذا قمنا بإمرار الضوء العادى «ضوء الشمس مثلاً» خلال منشور زجاجى، فنجد أنه يتحلل إلى ألوان عديدة نطلق عليها ألوان الطيف، وتتكون من الأحمر والبرتقالى والأصفر والأخضر والأزرق والنيلى والبنفسجى، وكل لون له طول موجى معين، وطول هذه الموجة الضوئية هو الذى يحدد لونها.

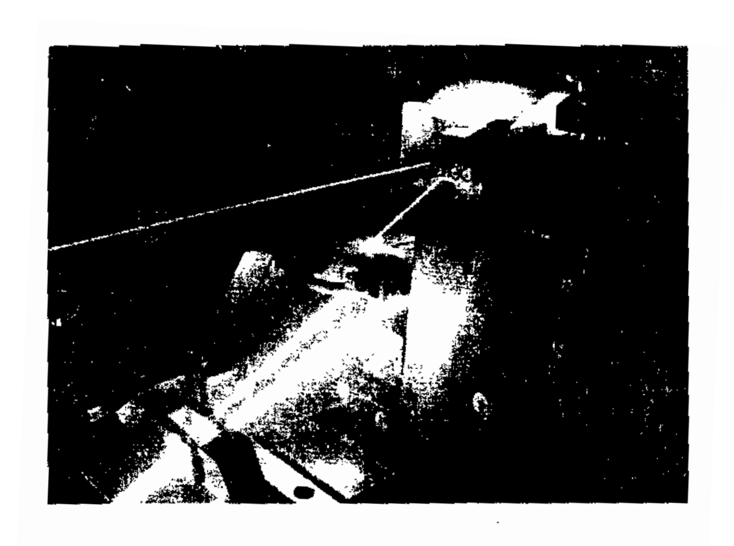
ويطلق على أعلى جزء من موجة الضوء «قمة الموجة» أما

أدنى جزء فيطلق عليه «قرار الموجة». وطول الموجة هو المسافة بين قمتين متتاليتين. أما تردد الضوء فيقصد به عدد الموجات التى تمر فى نقطة معينة فى الثانية الواحدة. وبمقارنة الضوء العادى بأشعة الليزر يتضح لنا ما يلى:

١- أشعة الليزر ذات اتجاه واحد ثابت، وهى تختلف عن الضوء العادى الذى ينتشر فى جميع الاتجاهات، ومن ثم فأشعة الليزر تركز الطاقة عند نقطة محددة تمامًا.

٢- أشعة الليزر متماسكة، أى أن جميع الطاقة المنبعثة لها نفس طول الموجة وترددها، أما الضوء العادى فهو يحتوى على العديد من الموجات المتباينة الطول والتردد.

٣- أشعة الليزر ذات لون واحد نقى «أو على الأرجح هى حزمة ضيقة جدًا من الأشعة»، بينما يتكوّن الضوء العادى من العديد من ألوان كثيرة مختلطة «ألوان الطيف».



## كيف يعمل الليزر؟

يتكون جهاز الليزر من ثلاثة أجزاء رئيسية: مادة يطلق عليها «الوسط الفعال» التى تنتج أشعة الليزر، ومصدر للطاقة لاثار ذرات الوسط الفعّال، ووحدة يطلق عليها «وحدة تضخيم الضوء» وهى غالبًا فى شكل مرآتين إحداهما عاكسة تمامًا؛ والأخرى شبه عاكسة «نصف شفافة».

وقد يكون الوسط الفعّال فى أجهزة الليزر مادة صلبة «مثل الياقوت الصناعى» أو مادة سائلة «مثل مادة النيوديوم المذابة فى أكسيد كلوريد الصوديوم» أو مادة غازية «مثل الهيليوم وثانى أكسيد الكربون».

وهذا الوسط الفعّال من خواصه أنه يقذف بضوء شديد التركيز والتماسك، إذا وجهت إليه طاقة مثل التيار الكهربائى أو الإشعاع الضوئى، ذلك أنه تبعًا للنظرية الكميّة فإن الذرّة – عند إثارتها بمصدر للطاقة – تصبح قادرة على امتصاص هذه الطاقة، ويؤدى هذا إلى انتقال إلكتروناتها من مدارها

الطبيعى إلى مستوى أعلى. ولكن سرعان ما تعود إلى مستواها الطبيعى مرة أخرى، متخلية عن الطاقة التى امتصتها من قبل، فى شكل فوتون ضوئى بنفس الطول الموجى، ولكن بشد أكبر بكثير، بحيث أن كل فوتون وارد يسبب انفلات فوتون.

وبتطبيق مبادئ النظرية الكميّة أمكن التفكير فى اختراع جهاز الليزر، وهنا يثار سؤال: كيف يعمل جهاز الليزر باستخدام النظرية الكميّة؟ حتى يمكن الإجابة على هذا السؤال، نقوم بشرح لكيفية عمل أول جهاز لليزر، والذى كان يطلق عليه «جهاز ليزر الياقوت». كان يتكون من أنبوبة ضوئية لولبية، تلتف حول قضيب سميك من الياقوت الصناعى أسطوانى الشكل - وهو نوع من أكسيد الألمنيوم - مع كمية من الكروم مذابة فيه» وعلى طرفى أسطوانة الياقوت الصناعى مرآتين، إحداهما عاكسة تمامًا والأخرى شبه عاكسة، تعكس حوالى ٩٥٪ من الضوء الساقط عليها.

وتستخدم الأنبوبة الضوئية اللولبية فى إصدار ضوء شديد الكثافة، يقوم بامتصاصه قضيب الياقوت الصناعى فى زمن قصير جدًا - حوالى عدة أجزاء من ألف من الثانية الواحدة - ثم يعيد إطلاقه بشدة أكبر وبشكل مواز لمحوره، وينعكس عند اصطدامه بالمرآتين عند طرفى القضيب، ومن ثم فهو يمر عدة مرات خلال قضيب الياقوت الصناعى، وهذا ينتج عنه تضخيم لأشعة هذا الضوء، ذلك أنها تكتسب طاقة أكبر من قضيبى الياقوت الصناعى، بمرورها عليه عدة مرات جيئة وذهابا. وتزداد هذه الأشعة إلى الحد الذى يسمح لها بالانطلاق عبر المرآة شبه العاكسة. وهكذا تصدر أشعة الليزر، بخواصها الفريدة بأى لون من ألوان الطيف، وقد تصدر فى شكل أشعة غير مرئية «الأشعة تحت الحمراء مثلاً».

## أنواع الليزر

هناك العديد من أشعة الليزر تنتج عن أجهزة متباينة الأشكال، والتى تستخدم فى أغراض مختلفة. ويمكن أن

نصنفها تبعًا للوسط الفعال الذى يوضع بالجهاز «مواد صلبة – سائلة – غازية»، ذلك أن الوسط الفعال هو الذى يحدد طول موجة أشعة الليزر، لأن طول الموجة ينتج عن التغير فى مستويات الطاقة بهذه المواد.

**ومن أهم أنواع الليزر:**

● ليزر الغاز: يتألف هذا النوع من الليزر من أنبوب زجاجى، يحتوى على مزيج من غازى الهيليوم (٩٠٪) والنيون (١٠٪) ويتصل بقطبين كهربيين لإمرار التيار الكهربائى، وفى طرف الأنبوب مرآتان أحدهما عاكسة تمامًا، والأخرى شبه عاكسة «نصف شفافة».

ويعمل ليزر الغاز عندما تثار ذرات الهيليوم أولاً بالتيار الكهربائى، فتنتقل طاقتها إلى ذرات النيون التى تصدر أشعة الليزر من خلال المرآة نصف الشفافة. وتعتبر أشعة الليزر الصادرة من أجهزة الليزر الغازى أفضل بكثير من تلك التى تصدر عن الأجهزة التى تستخدم المواد الصلبة أو السائلة،

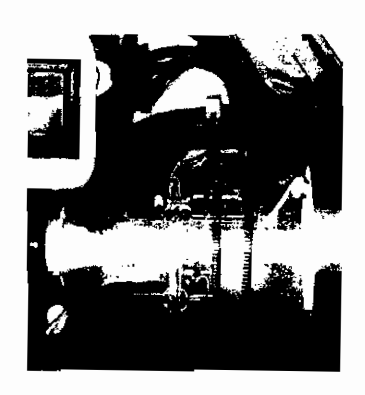
وذلك لشدة تماسك ضوئها، سواء فوق الأرض أو فى الفضاء، وأيضًا لمداها الكبير وطاقتها العالية.

وتستخدم أشعة الليزر الغازى فى البحوث العلمية مثل تلك التى تُجرى فى الفضاء، كذلك فى إرسال الأحاديث والموسيقى على صور التلفاز (التليفزيون). ومن أجهزة ليزر الغاز أيضًا تلك الأجهزة التى تعمل بواسطة غاز ثانى أكسيد الكربون، ويصدر عنها أشعة ليزر غير مرئية «أشعة تحت الحمراء» وتعتبر ذات قوة عالية وتستخدم فى الأغراض الصناعية.

● ليزر السوائل: يتكون الوسط الفعال فى هذا النوع من أجهزة الليزر، من سائل خاص، يُحضّر من إذابة مادة النيوديوم بأكسيد كلوريد الصوديوم. ويتميز ليزر السوائل بسهولة تحضيره فى المختبرات، كما أن المواد المستخدمة فيه اقتصادية لدرجة كبيرة، بالمقارنة بأجهزة الليزر الأخرى، بالإضافة إلى إمكانية تغيير السائل المستخدم بسهولة، للحصول على أشعة ليزر ذات موجات ومواصفات جديدة دون تغيير جهاز الليزر.

● ليزر المواد الصلبة: يصنع جهاز ليزر المواد الصلبة من أشباه الموصلات، مثل الترانزستور، وهى ببساطة وحدات دقيقة تسمح بمرور التيار الكهربائى فى اتجاه واحد فقط، وتمنعه من المرور فى الاتجاه المعاكس.

ويمكن استخدام هذا النوع من أجهزة الليزر فى الأقمار الصناعية، أو نقل المعلومات فى الحاسوب «الكمبيوتر»، وحتى كمصدر ضوء يمكن توجيهه إلى الأجهزة الأخرى من الليزر لتشغيلها، وتنتج أجهزة ليزر المواد الصلبة أشعة بأطوال موجات مختلفة، تتراوح من الأشعة فوق البنفسجية إلى الأشعة الحمراء.

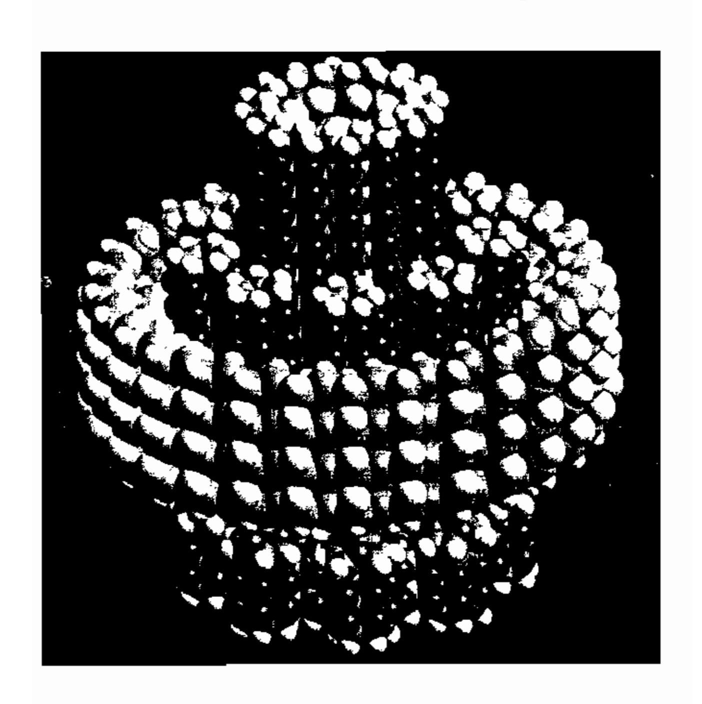


## المغنطيسات النانوية.. ذاكرة المستقبل

يعكف الباحثون على اختبار وحدات بالغة الضآلة، يمكن أن تشكّل الأساس لمنظومة تخزين بيانات الحاسوب (الكمبيوتر)، قابلة للإنتاج العملى بحيث تخزن مائة مرة أكثر من وسائل التخزين الحالية. ولو وضعنا مجموعة تلك الوحدات «المنمنمة» بجوار بعضها البعض، فى مصفوفة (ترتيب منظم) لكانت كلها فى حجم نقطة واحدة بهذه الصفحة التى أمامك! وتدور تلك الأبحاث فى إطار «التكنولوجيا النانوية» Nanotechnology التى تمثل أشد مجالات البحث العلمى نشاطًا فى الوقت الحاضر، كما أنها فى بؤرة العلوم المستقبلية، حيث يتم فيها إنتاج مواد متناهية فى الصغر. وتتعلق بالتصنيع من الأسفل نحو الأعلى Bottom-up أى البناء من الأصغر للوصول إلى الأكبر. ولهذه التكنولوجيا تطبيقات مذهلة فى كافة المجالات العلمية.

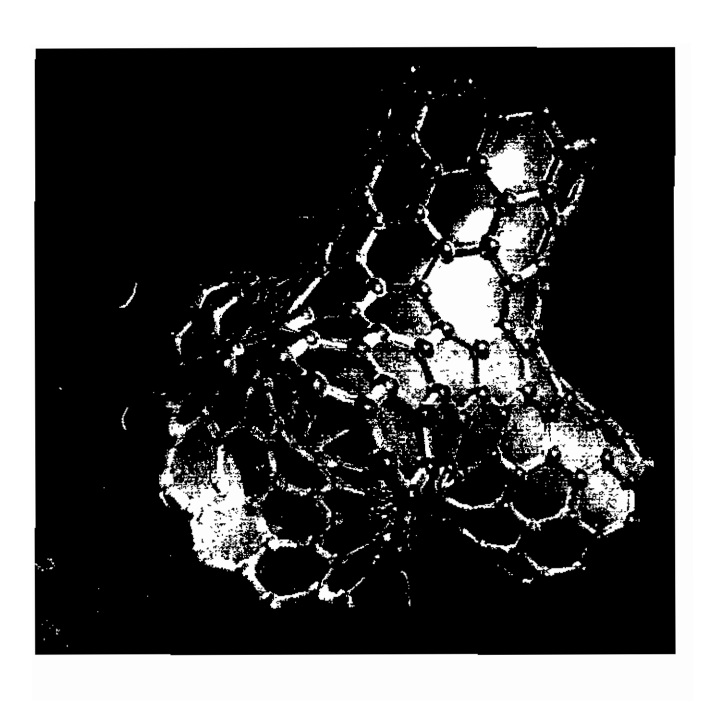
## الخاصية الفريدة... للمغنطيسات النانوية

تلك الوحدات التخزينية «المنمنمة» عبارة عن «مغنطيسات نانوية» Nanomagnets ، أى قطبان مغنطيسية فائقة الصغر يبلغ طولها حوالى ٢٥ نانو متر Nanometers.



والنانومتر هو واحد من بليون من المتر، أى أصغر بنحو ٨٠,٠٠٠ مرة من شعرة الإنسان! ويرى الكثير من الباحثين فى هذا المجال، أن هذه المغنطيسات النانوية، مرشحة بدرجة كبيرة لاستخدامها فى عمليات تخزين مغنطيسية فى حواسيب المستقبل. غير أنه لكى يتمكن الخبراء من ابتكار منظومة مكونة من مغنطيسات نانوية، فعليهم أن يتعلموا ضربًا جديدًا من الفيزياء.

تتسم المغنطيسات التى يقل عرضها عن ١٠٠ نانومتر، بخاصية فريدة من نوعها، فعند مغنطتها يشكّل كل واحد منها «نطاقا» Domain - منطقة تتجمع فيها المجالات المغنطيسية لكل الذرات - حيث تصطف تمامًا المجالات المغنطيسية لكل الذرات فى المغنطيس، فى اتجاه واحد. أما فى المغنطيسات الأكبر حجمًا من ذلك، فإن لها نطاقات كثيرة أصغر حجمًا، تصطف فى اتجاهات متباينة. ويتوقف «سلوك» المغنطيس على كيفية اصطفاف معظم النطاقات الموجودة بداخله.



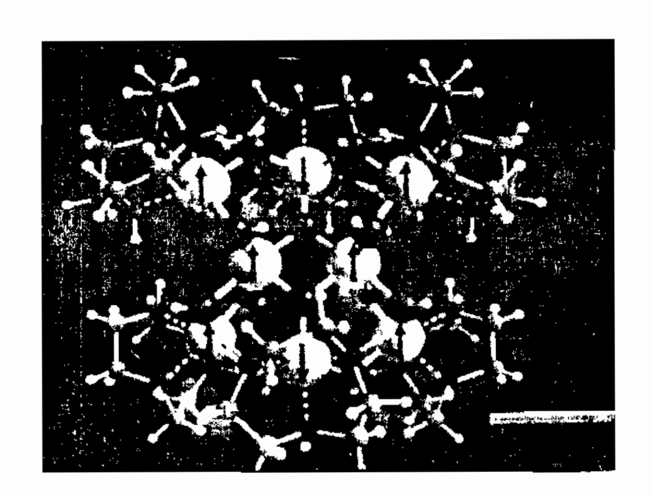
وتتكون مواد معينة يطلق عليه «عالية الانفاذية المغنطيسية» Ferromagnetie، بسبب قدرتها الزائدة على التمغنط، - كالحديد والنيكل والكوبالت - من نطاقات منفصلة متناهية فى الصغر، تتجه فيها المجالات المغنطيسية

لكل الذرات الموجودة بها، إلى نفس الاتجاه. ويختلف هذا الاتجاه من نطاق إلى آخر، لكن الشيء الذى يجعل المغنطيسات عالية الانفاذية مفيدة، هو حقيقة أن كل النطاقات تصطف فى اتجاه موحد بتأثير مجال مغنطيسى خارجى، حتى بعد قطع هذا المجال.



وعلى سبيل المثال فإن القرص المغنطيسى للحاسوب (لوح معدنى أو بلاستيكى يمكن قراءة أو كتابة البيانات عليه) يحتوى على طبقة رقيقة من مواد عالية الإنفاذية المغنطيسية، يتم تخزين المعلومات عليها فى شكل بيتات Bits (أرقام ثنائية)، يقل حجمها عن ميكرون واحد (جزء من ألف من الملليمتر)، وتتكون من مئات النطاقات فائقة الصغر، من المواد عالية الإنفاذية المغنطيسية - ويمكن استخدام المغنطيسات وحيدة النطاق Single Domain فى تخزين البيانات، ويمثل كل المغنطيس (١) أو (صفر) وهما الرقمان الثنائيان اللذان تستخدمهما الحواسيب لتمثيل المعلومات، تبعًا لطريقة اتجاه قطبيه الشمالى والجنوبى. ويمكن تغيير القطبية polarity عن طريق التأثير بمجال مغنطيسى خارجى. ولا يفكر العلماء فى الوقت الحاضر، فى آليات كتابة Write (قيام الحاسوب بتسجيل المعلومات) أو قراءة (جمع معلومات بواسطة الحاسوب) تلك المغنطيسات النانوية، بل إنهم يعكفون على محاولة فهم أفضل لفيزياء المغنطيسات

«المنمنمة».. وخاصة الرقاقات المغنطيسية النانوية .Nanomagnetic chips



إن الرقاقات المغنطيسية النانوية تعمل بدون ترانزستورات – على خلاف الرقاقات الإلكترونية المعتادة Microchips – ويمكنها حشد طاقة تخزينية أكبر للحاسوب، ويمكن أن تتطور هذه المغنطيسات يومًا ما، ليصبح عرضها عدة نانو مترات فقط!

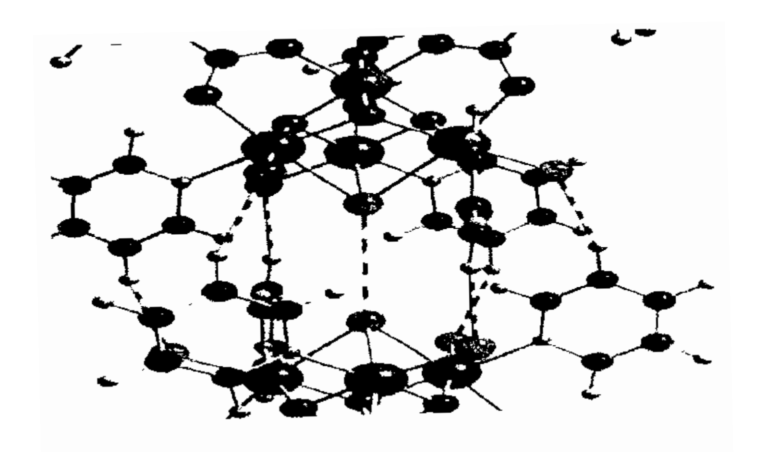
وربما تتساءل: مم تصنع هذه المغنطيسات النانوية؟ تسألنى فأجيبك. يدخل فى تصنعيها الحديد (مادة عالية الإنفاذية المغنطيسية) والكربون والهيدروجين والنيتروجين والأكسوجين، أما الرقاقات الإلكترونية فمن السيليكون غالبًا. والرقاقات الإلكترونية المألوفة، تعتمد على الترانزستورات، كمفاتيح تتقلب ما بين (١)، (صفر) ويحاول مصمو الحواسيب حشد قدرة حسابية أكبر فى الرقاقات الإلكترونية، بتكديس الترانزستورات قريبة جدًا من بعضها البعض. إلا أن جزءًا من القدرة اللازمة لكل ترانزستور تتبدد

كحرارة بسبب هذا التكدس، ومن ثم تتعطل وظيفته. كما أن جهود العلماء لتكديس الترانزستورات متلاصقة، كاد أن يصل إلى حدوده القصوى.



وبالإضافة إلى ذلك، فنظرًا لأن الترانزستورات تعتمد فى أداة وظيفتها على الشحنات الكهربائية، فإنها تفقد بياناتها عندما يُفصل التيار الكهربائى عنها. وعلى ذلك فإن المنطق LOGIC (سلسلة العمليات التى تقوم بها أجهزة الحاسوب

أو برامجه) المغنطيسى، يخزّن المعلومات بتغيير قطبية المغنطيسات النانوية، بشكل مماثل لتدوير الاتجاه الذى تشير إليه إبرة البوصلة. وثبت أن تلك الرقاقات المغنطيسية يمكنها الاحتفاظ ببياناتها حتى بعد فصل التيار الكهربائى عنها. كما نجح الباحثون فى تطوير مغنطيس متناهى الصغر يكافىء الترانزستور. وهذه هى البوابة المنطقية العامة، التى تصنع من «جُزُرْ» مغنطيسية بالغة الضآلة من النيكل والحديد، لا يزيد عرضها عن ٧٠ نانومتر. وهكذا من الممكن أن تتصف أجهزة الذاكرة المغنطيسية بالقدرة المنطقية Logic Capability. وبذلك يتم الجمع بين الذاكرة والمنطق فى كيان واحد، مما يضاعف من الإمكانيات التشغيلية للحاسوب. كما يرى الخبراء أن كل الرقاقات المغنطيسية النانوية – التى ليس بها ترانزستورات – يمكنها حشد طاقة أكبر للحاسوب. بالإضافة إلى أنها تعمل تلقائيًا، دون الحاجة إلى انتظار إعادة بدء التشغيل للحاسوب Reboot (إعادة تحميل نظام التشغيل فيه) أو تغير وظيفتها بعد تركيبها.



كما طوّر هؤلاء الباحثون - باستخدام المغنطيسات النانوية - بوابة منطقية عامة، يمكن للمرء أن ينشىء منها أى دائرة إلكترونية يريدها، ولا شك أن ذلك يعنى أنها تتسم بقدرة هائلة، حتى تتمكن من تحقيق هذا الأمر. وعلى سبيل المثال يمكن لوسيلة التخزين النانوية هذه، تغيير وظيفة الحاسوب خلال عدة نانوات من الثانية Nanoseconds

(النانو ثانية = جزء من بليون من الثانية)، فى أى وقت بعد تشغيل الأجهزة Hardware بالفعل. ويسمح ذلك باستخدام رقاقة واحدة من المغنطيسات النانوية، فى عدة تطبيقات متباينة، مما يقلل من التكلفة ووقت الإنتاج. وكذلك يجعل الوحدة المنطقية المغنطيسية، تجهز نفسها بأفضل شكل ممكن لإجراء عمليات التشغيل المطلوبة، فى أية لحظة وبسرعة خارقة وبكفاءة عالية.

## بوابات منطقية.. مغنطيسية

تشير إحدى الدراسات الحديثة إلى أن المغنطيسات النانوية، يمكن تطويعها بحيث تؤدى نفس الحسابات الرقمية، التى تؤديها البوابات المنطقية التى تعتمد على الترانزستورات، فى الرقاقات الإلكترونية. وتوحى هذه الدراسة بأن الترانزستورات الحالية - التى سوف تصل إلى أقصى حد لها من التصغير فى وقت ما خلال العقدين القادمين - يمكن فى نهاية الأمر استبدالها بتكنولوجيا أخرى من المغنطيسات النانوية، التى بالإمكان تصغيرها بشكل أكبر،

ومن ثم يمكن الاستمرار فى صنع معالجات Processors للحواسيب أسرع وأكبر قدرة.. إنها ذاكرة المستقبل.

وأكثر من ذلك، فإنه يمكن تغيير وظيفة البوابات المنطقية المغنطيسية، بعد تشغيل أجهزة الحاسوب. بمعنى أنه يمكن «إعادة برمجة» هذه الأجهزة ومن ثم جعل الحواسيب متعددة الاستعمالات. ومن المعروف أن البوابات المنطقية مكونات أساسية فى الدوائر الإلكترونية، وهى تستخدم فى معالجة المعلومات التى تحوّل مدخلات متعددة إلى مخرج واحد تبعًا لتوافيق Combinations المدخلات. والتوافيق هى المجموعات المختلفة التى يحتوى كل منها على نفس العدد من الأشياء. وحتى الآن، فإن المكان الوحيد الذى حلّت فيه الوحدات المغنطيسية النانوية محل المكونات الإلكترونية، هو فى النوعية الحديثة من الرقاقات المغنطيسية، التى توجد فى ذاكرة التداول الانتقائى (الذاكرة الرئيسية فى الحاسوب) Random access memory (Ram) . وتحافظ هذه الرقاقات المغنطيسية على البيانات أو البرامج كثيرة

الاستخدام، مخزّنة بشكل دائم فى خلايا مغنطيسية Magnetic Cells (خلايا تخزين ممغنطة)، ومن ثم لا تكون هناك حاجة لتحميل البيانات والبرامج من أى قرص. وبالتأكيد فإن ذلك يسرّع من عملية تحميل برامج وأنظمة تشغيل الحواسيب المستقبلية بشكل مذهل.

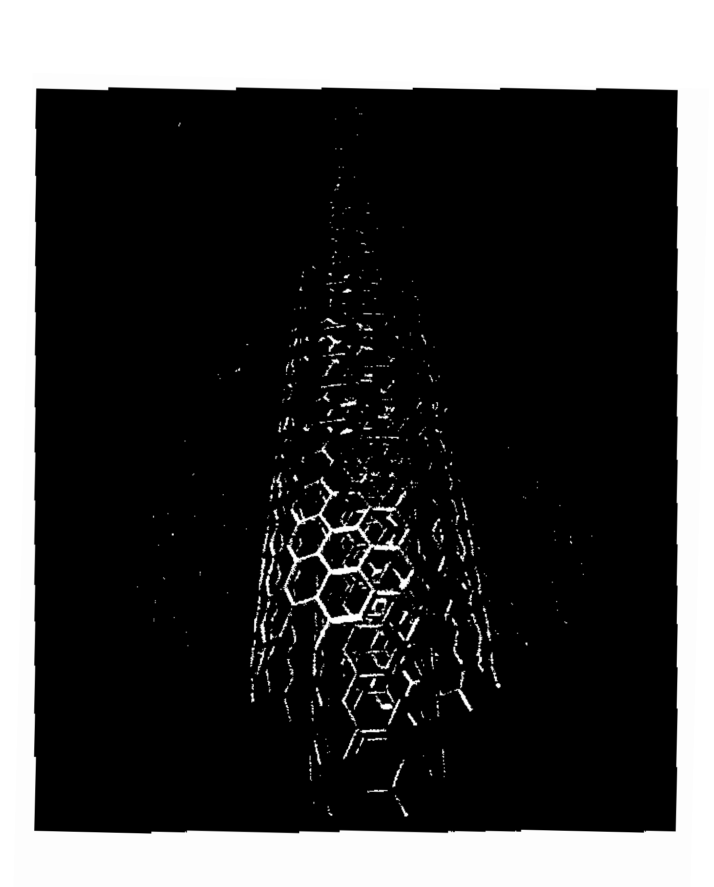


## أنابيب الكربون النانوية

أنابيب الكربون النانوية فائقة الصغر، أرفع من شعرة الإنسان ولكنها فى قوة الماس! ويمكن أن تستخدم فى عدد كبير من الاستخدامات الجديدة المفيدة، وربما يحدث فى المستقبل القريب أن تنظر إلى أعلى وترى كابلاً ممتدًا حتى السماء. إذ تفكر وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) جديًا فى عمل مصعد من الأرض إلى مدار له حولها، وهو كابل يمتد فى الفضاء بحيث يمكن للمركبات ذات القوة الكهربائية أن تسافر عليه، كما يمكن أن يستخدم هذا الكابل الفضائى فى ربط أو تقييد القمر الصناعى!

### مصاعد فضائية.. وشاشات مسطحة.. وأنوف صناعية

وتوجد مادة واحدة فقط من ضمن المواد الكثيرة جدًا المتاحة حاليًا لمهندسى وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) التى تستطيع أن تقوم بهذه المهمة بكفاءة، وهذه المادة هى أنابيب الكربون النانوية Carbon Nanotubes التى تصنّع أرفع من شعرة الإنسان بخمسين ألف مرة.



وتتضمن الأجزاء الرفيعة جدًا لأنبوب الكربون النانوى، قوة مذهلة، وعلى الرغم من أنها صعبة التصنيع، إلا أن إمكانياتها ممتازة وجبارة، وليس فقط لكونها مواد بالغة القوة.

وقد انتجت إحدى شركات الإلكترونيات نسخة من التصميم الأولى لشاشة عرض مسطحة حيث تندفع الإلكترونات تجاه الشاشة من أطراف أنابيب الكربون النانوية، مما يبشر بإنتاج شاشات مسطحة بالغة الرقة وذات صور رائعة، كما صمم الباحثون فى الولايات المتحدة قلم حبر من أنابيب الكربون النانوية، يقوم بدفق الذرات بدلاً من الحبر. أما الخصائص الكهربائية لأنابيب الكربون النانوية، فيمكن أن يصنع منها «أنوف صناعية» Artificial Noses ، ذات حساسية عالية جدًا، لطرد المواد الكيماوية الضارة.

### أشباه موصلات.. وموصلات فائقة

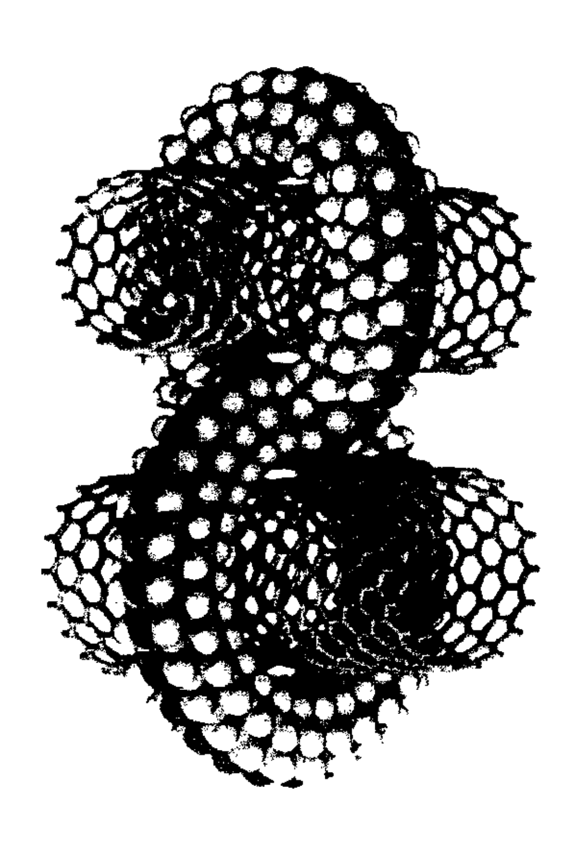
ويمكن أيضًا تصنيع أنابيب الكربون النانوية على شكل أسلاك وأشباه موصلات Semiconductors وحتى موصّلات فائقة Superconductors، والتى تجعلها مصدر

جذب وإغراء للكثير من الشركات التى تعمل فى مجال التكنولوجيا. وتتمتع أنابيب الكربون النانوية بالعديد من المميزات المرغوبة، إذ أنها قوية بشكل استثنائى لم يُعرف من قبل، كما أنها من موصّلات الحرارة الممتازة، وهى خاملة كيميائيًا، والأهم من ذلك أن أنابيب الكربون النانوية تعتمد على تفاصيل ترتيب الذرات بها Atomic Arrangement وتسلك سلوك المعادن أو أشباه الموصّلات.

**القلم.. الذرى**

وأنابيب الكربون النانوية عبارة عن ألواح رقيقة جدًا ملفوفة على شكل أسطوانات، من الجرافيت Graphite وهى نفس المادة التى تستخدم فى صنع أقلام الرصاص.

ويتكوّن لوح الجرافيت من ذرات الكربون المرتبة فى قالب مسطح سداسى الشكل Hexagonal مثل شبكة الأسلاك المتقاطعة، ويمكن أن يؤدى التسخين المفرط للكربون، إلى تكوين جزء صغير يأخذ شكل أنبوب Rolled up من هذه الشبكة ومكتمل بغطاء كربونى على كل طرف.



هذه هى أنابيب الكربون النانوية، التى توصف بأنها أداة هندسية قوية، ولها استعمالات كثيرة جدًا، ويمكن أن تتداخل هذه الأنابيب مع بعضها البعض، وكذلك تصنع بجدران مضاعفة Multiple Walls للحصول على قوة أكبر، كما يمكن إزالة أغطيتها الكربونية، بحيث تصبح جاهزة لكى تُملأ بجزيئات أخرى.

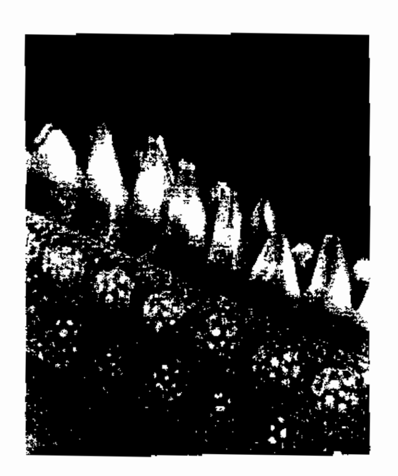
وقد استفاد الباحثون من هذه الإمكانية لملء أنابيب الكربون النانوية، وقاموا بتصميم قلم حبر متناهى الصغر، يكتب بالذرات، وتصنع «خرطوشة الحبر»، من أنابيب الكربون النانوية، ويمكن أن تُملأ بأى ذرات مطلوبة، ويتحكم شعاعان من الليزر فى تدفق الحبر الذرى Atomic ink ويقوم مشغّل القلم الذرى بالتحكم فى أشعة الليزر، ومن ثم يستطيع تحديد سرعة واتجاه تدفق الذرات، وبحيث يتم إطلاق كل ذرة خارج رأس الأنبوب، عندما تصل إلى الوضع الصحيح.

ويقدر الباحثون أن هذا القلم الذرى، الذى يمكن أن يتم شحنة مسبقًا بالذرات، من المحتمل أن يرسّب هذه الذرات على أى سطح، بمعدل خمس عشرة مليون ذرة فى الثانية الواحدة!

ويمكن أن يستخدم القلم الذرى فى طباعة الحَجَر Lithography (عملية طباعة يتم فيها رسم ما يراد طبعه على سطح عريض) من صفائح الزنك أو الألمونيوم المعدة كيماويًا، وهذه الطباعة تستعمل فى تصنيع لوحات الدوائر الإلكترونية Circuit Boards . ويمكن للقلم الذرى أن يقوم بالعمل بطريقة أكثر كفاءة من الوسائل المستخدمة حاليًا.

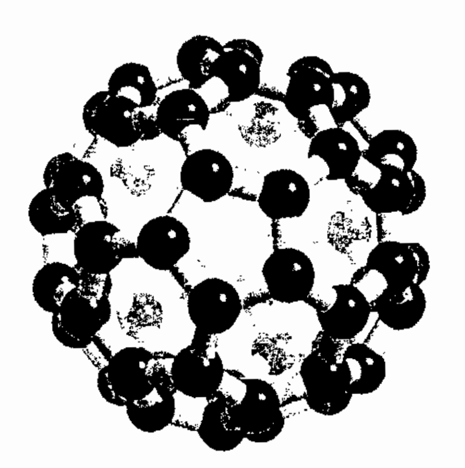
كما يمكن للقلم الذرى أن يسبر أعماق الجزيئات البيولوجية، وتحقيق بناء الآلات البالغة الضآلة (الميكروويية) Micro Machines عن طريق استخدام الذرة تلو الأخرى. وهذا يعد هدفًا للمجال الذى يعرف بالتكنولوجيا النانوية الجزيئية Molecular Nanotechnology والذى نشأ بهدف تقليد ما اكتشف حديثًا فى علم البيولوجيا (الهندسة الوراثية

والجينوم البشرى)، وكذلك فى مجال تصميم «المحرك الجزيئى» Molecular Engine الذى يعد أساسًا جيدًا لعدة آلات متناهية الصغر، ومنها تصنيع أجهزة طبية بالغة الدقة، يمكن أن تعمل جراحيًا داخل الجسم البشرى، وتؤدى مهامًا مثل تنظيف الأوردة الدموية المسدودة، التى قد تسبب السكتة القلبية والدماغية. أن أفضل مادة يمكن أن تصّنع منها هذه الأجهزة المتناهية الصغر، هى أنابيب الكربون النانوية.. مادة المستقبل.



## جزيئات الكربون.. السحرية

إن فهم الطبيعة على المستوى الذرى – وربما دون الذرى أيضًا – قد أتاح للعلماء القدرة على ابتكار مواد جديدة، لم يكن يراها أحد من قبل. فالكربون – على سبيل المثال – عنصر هام جدًا فى الكيمياء، وهناك فرع كامل من الكيمياء هو الكيمياء العضوية Organic Chemistry مخصص لفهم كيفية تصرف سلاسل الكربون Chains of Carbon فى الحالات المختلفة.



## كرات قدم مجوفة

ولقد عرف العلماء منذ وقت طويل، أن ما يعطى الماس – أقوى مادة معروفة على الإطلاق – قوته، هو الطريقة التى تترتب بها ذرات الكربون معًا، وفى عام ١٩٨٥، تم اكتشاف تركيب جديد للكربون فتح فرعا جديدًا تمامًا فى الكيمياء، فذرات الكربون يمكن أن تترتب فى جزيئات تشبه كرات قدم مجوفة، تسمى «كرات باكى» Buckyballs أو «الفولرينات» Fullerenes على اسم «باكمنستر فولر» وهو المهندس الذى ابتكر هذا الشكل فى المبانى.

ويمكن عمل «كرات باكى» بحيث تضم ٦٠ ذرة فقط، أو قد تكون كبيرة نسبيًا وتحتوى على مئات الذرات، وهذه الكرات قوية بشكل لا يصدق، ويمكن مدها فى شكل أنابيب لإنتاج ألياف أو أى أشكال معقدة أخرى، ومن الممكن ملء تلك الأشكال بذرات من عناصر مختلفة، لتغيير خصائصها الفيزيائية، فعلى سبيل المثال، وجد أنه عند ملء ألياف باكى

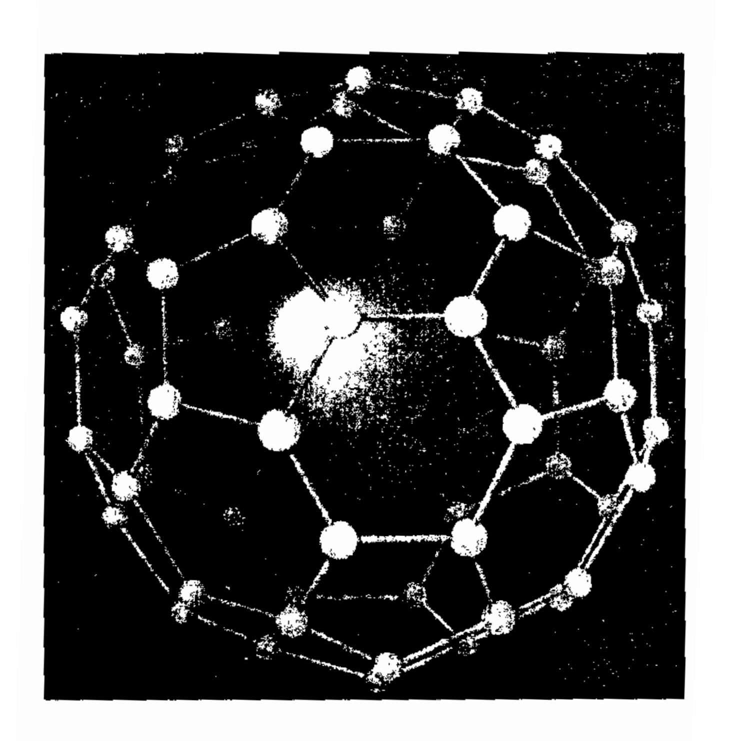
بذرات «الروبيديوم» Rubidium «عنصر فلزى فضى اللون يشتعل بعفوية بالهواء ويتفاعل بشدة فى الماء ويستعمل فى الخلية الضوئية»، تصبح موصّلات فائقة Superconductors عند درجات حرارة منخفضة بشكل معقول، مما يفتح طريقًا محتملاً لاستخدامها كأسلاك نانوية Nanowires فائقة التوصيل للكهرباء، أى يمر بها التيار الكهربائى دون أى مقاومة أو فقد للطاقة.

وإذا أضفنا ذرات أخرى، يمكن جعل ألياف باكى موصّلات أو أشباه موصّلات أو عوازل Insulators.

وجميع ذرات الكربون فى كرات باكى، متكافئة من حيث التماثل وتشكل سطحًا مغلقًا، مكّونا من مجموعة من الأضلاع الخماسية والسداسية المنتظمة. وتصنع كرات باكى عندما تصطدم ذرات كربون ساخنة جدًا، وشظايا الجرافيت بعضها بالبعض.

وكل ذرة كربون فى هذه الهياكل الكروية العجيبة، ترتبط كيميائيًا بثلاث ذرات كربون أخرى، بحيث تكون كل رابطة

حافة فى سداسيين، كما تشكل كل رابطتين حافتى خماسى وسداسى، ويطلق على كل كرة باكى اختصارًا (ك-٦٠) أى جزىء الكربون الذى يتكون من ستين ذرة.



واتضح للعلماء أخيرًا التركيب الدقيق لجزىء الكربون العملاق الجديد، الذى نتج من التحام ستين ذرة كربون (ك-٦٠) مع بعضها البعض، لتكوين هيكل كروى الشكل ذى ١٢ مضلعا خماسيًا و٢٠ وجها سداسيا على سطحه.

والطريقة الجديدة لاستخلاص كرات باكى، تتلخص فى استخدام قوس كهربائى لتسخين قضيب كربونى رقيق، إلى درجة حرارة عالية فى جو من الهليوم تحت ضغط منخفض، مما يؤدى إلى تكوين مسحوق ناعم يطلق عليه «سناج» Soot، من الكربون النقى يمكن منه استخراج جزيئات ك-٦٠.

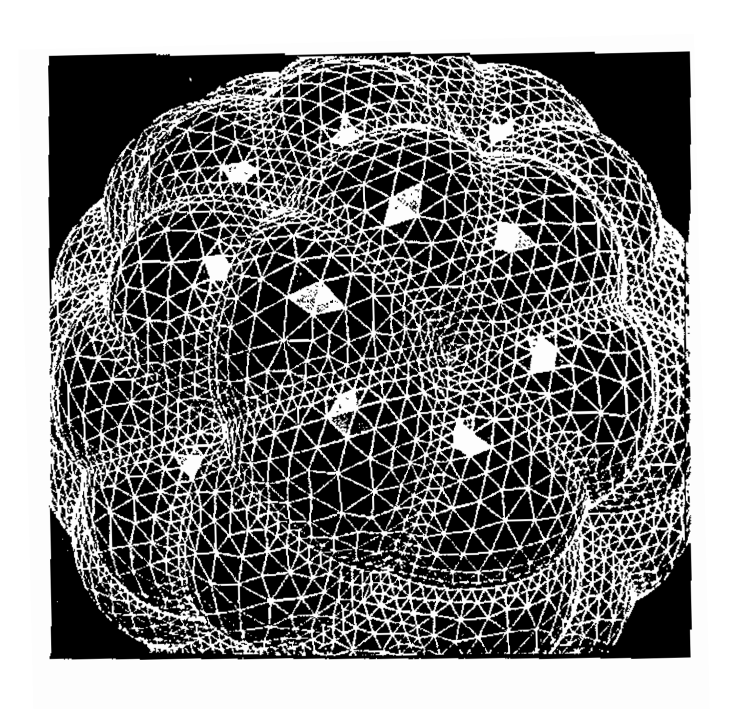
ومن أهم مزايا كرات باكى، أنها مستقرة تمامًا ومقاومة للنشاط الإشعاعى والتآكل الكيميائى وتتقبل الإلكترونات بشراهة ولكنها لا تمانع فى إطلاقها، كما أن لها صفات كهربائية ومغنطيسية فريدة، ومن ثم أطلق عليها «الجزيئات السحرية!».

وبعد دراسة هذه الخصائص الفريدة لكرات باكى، أخذ العلماء يطلقون لأفكارهم وتصوراتهم العنان لبعض التطبيقات ومنها:

- نقل النظائر المشعة إلى داخل الجسم البشرى بهدف تشخيص الحالات المرضية أو نقل الهرمونات أو أى عقاقير لعلاج بعض الأمراض مثل السرطان.

- تصميم بطاريات فائقة القوة وخفيفة الوزن، وذلك بتغليف ذرات عنصر الليثيوم والفلور، داخل قفص جزىء ك-٦٠.

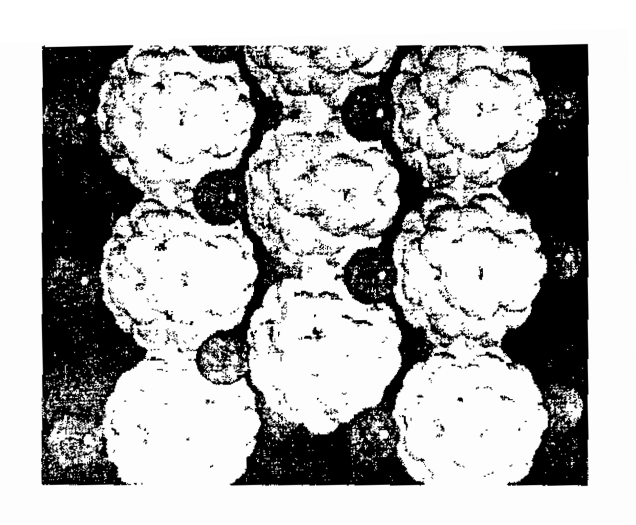
- إمكـــان استخدامها وقودا للصواريخ ومركبات الفضاء، إذ إنها مرنة أكثر من أى جـــزيئات أخرى معروفة حتى الوقت الحاضر، ومن ثم فإنها يمكن أن تحمل ضغوطًا هائلة.



● وجد العلماء حديثًا طريقة لاستخدام جزيئات ك-٦٠ كأقفاص لاقتناص ذرات بعض العناصر - كالهليوم - ومن ثم تستخدم كمتتبعات كيميائية رائعة، لمراقبة انتشار المواد الملوثة من نقطة تفريغها فى أحد الأنهار.

● إن أى كتلة من كرات باكى يمكن ضغطها إلى ٧٠٪ من حجمها الأصلى، عند ضغط يبلغ ثلاثة آلاف ضغط جوى، وعندما يُرفع عنها هذا الضغط، فإنها ترتد إلى شكلها العادى، لكنها إذا ضغطت بقوة تجاه بعضها البعض، فإن ذرات الكربون فى الكرات المتجاورة تبدأ فى التنافر بشدة فيما بينها، وتصبح المادة شديدة الصلادة كالماس. وإذا ازداد الضغط بسرعة وبقوة هائلة، فإن كرات باكى تتحول بالفعل إلى الماس، وهذا التحول يمكن أن يكون مهما فى الأغراض الصناعية.

اتضح أنه لو وضعت بعض ذرات من عناصر أخرى بين كرات باكى ثم خُفِّضَتْ درجة الحرارة جدًا، فإن شيئًا غريبًا سوف يحدث، إذ وجد العلماء أن تبريد خليط من كرات باكى والبوتاسيوم إلى ٢٥٥ درجة مئوية تحت الصفر، يجعله موصلا فائقا، ويمكن تشبيه هذا الخليط من ك-٦٠ والبوتاسيوم «أو أى مواد أخرى»، بأن بائع الفاكهة قد «حَشَرَ» بعض حبّات المشمس فى الفراغات التى بين كوم البرتقال لديه.

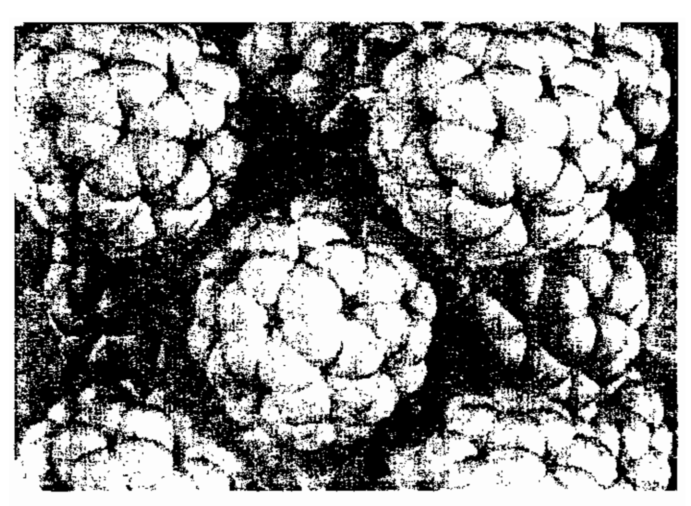


إذ وجد العلماء أن المواد الصلبة المكوّنة من كرات باكى، تتميز بخواص مدهشة، فعندما تتبلور هذه الجزيئات الكربونية العملاقة، فإنها تندمج مع بعضها البعض، وتصبح مثل كومة من البرتقال لدى بائع الفاكهة.

لا شك أن المستقبل يحمل بين طياته الكثير من الاحتمالات الجديدة المثيرة، سواء من حيث المعرفة العلمية الأساسية أو من حيث الاستخدامات التكنولوجية للجزىء العملاق ك-٦٠.

فإذا أضيف ك-٦٠ إلى البوليمرات Polymers «سلاسل طويلة من الجزيئات المتكررة» المناسبة، يمكن تكوين مادة ذات «موصلّية ضوئية» أى أنها توصّل الكهرباء فقط عندما تتعرض إلى ضوء، ومن ثم تستخدم فى أجهزة إنتاج الصور الإلكترونية.

كما يمكن استخدام جزيئات ك-٦٠ كأوعية لحفظ المواد التى تتفاعل بشدة مع بخار الماء والأكسجين وتنحل فى الهواء، وكذلك تستعمل للاتحاد مع العناصر الخاملة جدًا - التى لا تتفاعل مع أى عناصر أخرى - وأيضًا فى تجميعها وحمايتها، إذ يجد الكيميائيون صعوبة فى الإمساك بهذه العناصر الخاملة.



ونظرًا للتقدم المستمر فى أبحاث الجزىء العجيب ك-٦٠، فإن هذا المجال ينبئ عن توقعات مدهشة، والأمر الوحيد الذى يتفق عليه جميع الخبراء هو أن معظم ما هو معروف فى الوقت الحاضر من استخدامات فريدة لهذا الجزىء السحرى، سوف يصبح متقادما بعد عدة أشهر، وهذا هو النوع الفعلى من المواقف التى تجعل العلم مفيدًا، وفى نفس الوقت سببا للمتعة والبهجة، إذ إنه يبشر بالأمل فى المستقبل.

## «البلوتوث».. وحرية الحركة

«البلوتوث» Bluetooth، تقنية جديدة للاتصالات اللاسلكية لنقل الصوت والبيانات.. وتفيد هذه التقنية فى الاستغناء عن الأسلاك التى تستخدم للربط بين الأجهزة الرقمية.ولأن تقنية البلوتوث، تعتمد على وصلة لاسلكية رخيصة الثمن وقصيرة المدى، فإنها يمكن أن تربط أنواعًا كثيرة من الأجهزة الرقمية بدون استخدام أى كابل Cable، مما يوفر لك المزيد من حرية الحركة. وعمومًا فإن ذلك هو الهدف الرئيسى.. حرية الحركة.

### الاتصالات المستقبلية

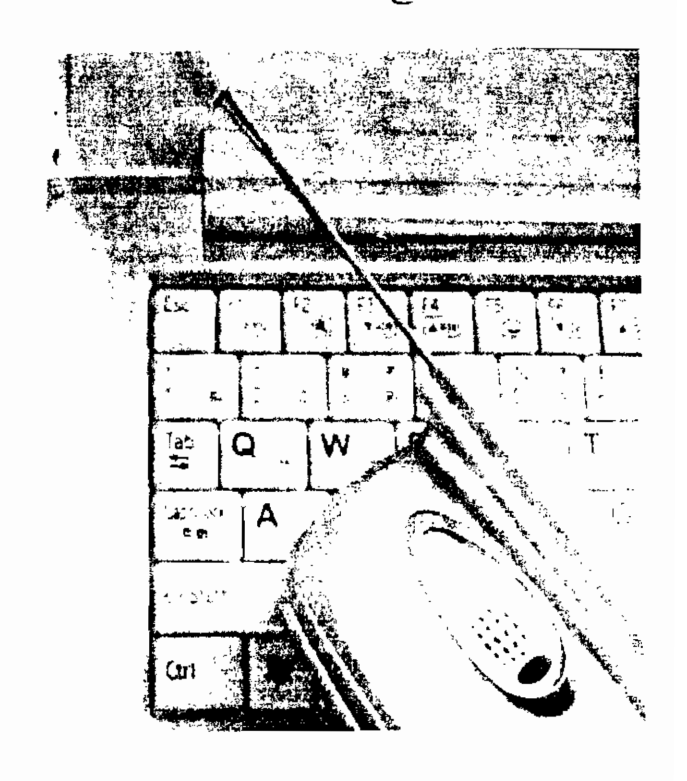
ولإجراء وصلة الاتصالات بهذه الطريقة، يجب تقريب الجهازين اللذين يعملان بتقنية البلوتوث اللاسلكية من بعضهما البعض إلى مسافة أقل من عشرة أمتار. ونظرًا لأن تقنية البلوتوث تستخدم وصلة لاسلكية، فإنها لا تحتاج

لأسلاك لتحقيق التوصيل بين الأجهزة. فكمبيوترك المحمول Laptop يمكن أن يرسل أوامر بطبع معلومات إلى طابعة موجودة فى الحجرة المجاورة، أو تستطيع استخدام هاتفك المحمول للتحكم فى جهاز الإنذار الموجود بمنزلك.

لقد أصبحت تقنية البلوتوث اللاسلكية بالفعل مستخدمة عالميًا للاتصالات اللاسلكية. وفى المستقبل القريب، سوف تكون تقنية البلوتوث مألوفة فى عشرات الملايين من الهواتف المحمولة والكمبيوترات الشخصية والمحمولة، وعدد كبير جدًا من الأجهزة الإلكترونية الرقمية Digital الأخرى، ونتيجة لذلك فإن السوق سوف يحتاج إلى المزيد من التطبيقات المبتكرة لهذه التقنية الحديثة.

ومن الناحية العملية فإن الإمكانات التى وفرتها لنا تقنية البلوتوث للتوصيل اللاسلكى متعددة، ولا يمكن حصرها. وعلاوة على ذلك، فلأن التردد اللاسلكى المستخدم متاح عالميًا، فإن بمقدور تقنية البلوتوث الدخول المأمون على

الاتصالات اللاسلكية فى كافة أرجاء العالم. ومن هذا المنطلق فإن تقنية البلوتوث أن تلبث أن تصبح واحدة من أسرع التقنيات تطبيقًا فى التاريخ.



توجد طرق كثيرة لتوصيل الأجهزة الإلكترونية الرقمية.. ببعضها البعض، منها على سبيل المثال:

● كثير من الكمبيوترات المكتبية لها وحدة معالجة مركزية متصلة بفأرة ولوحة مفاتيح وطابعة... إلخ.

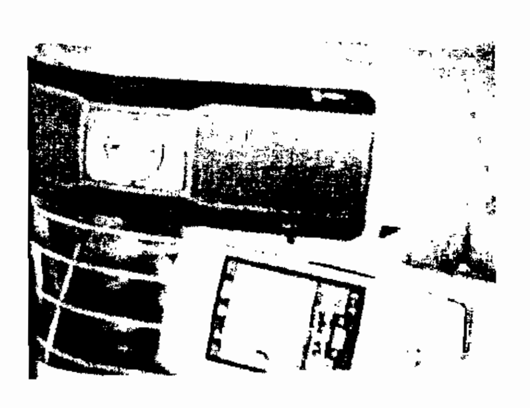
● جهاز المساعدة الرقمية الشخصى Personal Digital Assistant (PDA) يتصل عادة بالكمبيوتر بواسطة كابل.

● جهاز التليفزيون يتصل عادة بمسجل شرائط الفيديو VCR وأداة تحكم عن بعد لتشغيل المكوّنات.

● الهاتف اللاسلكى يتصل بقاعدته بوحدة موجات لاسلكية، وربما يزوّد بسماعة رأس تتصل بالهاتف بسلك.

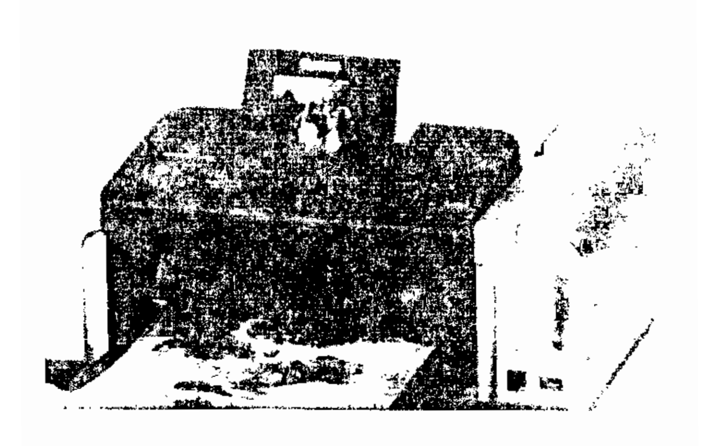
● فى منظومات الصوت المجسم، تتصل وحدة تشغيل الأقراص المدمجة CD Player وغيرها من الأجهزة الصوتية بجهاز الاستقبال، الذى يتصل بدوره بالسماعات وعندما

تستخدم الكمبيوترات أو أجهزة التسلية والمتعة والمرح أو الهواتف، فإن مختلف تلك الأجهزة وأجزائها تشكّل حلقة من الأجهزة الإلكترونية. وتتصل تلك الأجهزة ببعضها البعض بواسطة عدد متنوع من الأسلاك والكابلات والإشارات اللاسلكية والأشعة تحت الحمراء، وكذلك بعدد أكبر من أطراف التوصيل «الوصلات» والقوابس plugs .



لقد أصبح فن توصيل الأشياء ببعضها البعض أكثر

تعقيدًا عن ذى قبل، ونحن نشعر أحيانًا بأننا نحتاج إلى درجة الدكتوراه فى الهندسة الكهربائية، لمجرد تركيب وتشغيل الأجهزة الإلكترونية الرقمية بالمنزل!



ولذلك يتم استخدام طريقة مختلفة تمامًا لعمل توصيلات الأجهزة هى «تقنية البلوتوث». وهذه التقنية لاسلكية وآلية وتتميز بعدد من الخصائص المفيدة، التى يمكن أن تبسّط وتسهّل حياتنا اليومية.

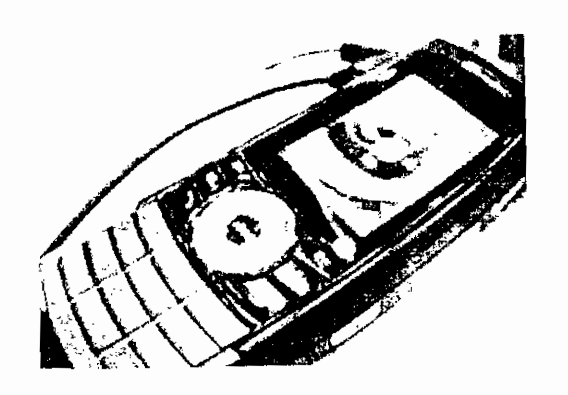
عندما يريد جهازان التحدث مع بعضهما البعض، يجب أن «يتفقا» على عدد من النقاط، قبل أن تبدأ عملية المحادثة. نقطة الاتفاق الأولى: مادية. فهل سوف يتم التحدث عبر أسلاك أو عن طريق نوع ما من الإشارات اللاسلكية؟ إذا كان سيتم استخدام أسلاك، فما هو العدد المطلوب منها؟ وبمجرد تحديد تلك الخصائص المادية. لابد من الإجابة على كثير من الأسئلة الأخرى:



● يمكن إرسال المعلومات بمعدل «١ بت» Bit1 (رقم ثنائى: أى من الرقمين صفر أو واحد فى نظام الأرقام الثنائية «كمبيوتر») فى نظام يسمى «الاتصالات المتابعة» Serial communications أو فى مجموعات من الأرقام الثنائية «عادة ٨ أو ١٦ فى كل مرة» فى نظام يسمى «الاتصالات المتوازية» Parallel Communications . ويستخدم الكمبيوتر المكتبى كلتا طريقتى الاتصالات المتابعة والمتوازية فى «الحديث» إلى الأجهزة الأخرى فالمودم Modem «جهاز يسمح بنقل البيانات كالإرسال والاستقبال بين الكمبيوتر وأطراف أخرى» والفأرة ولوحة المفاتيح. تتحدث عادة من خلال وصلات متتابعة أما الطابعة فتتحدث عادة من خلال وصلة متوازية.

● يحتاج كل أطراف الحديث الإلكترونى، معرفة معنى الأرقام الثنائية، وهل الرسالة التى تلقونها هى نفس الرسالة التى أُرسلت. ويعنى ذلك فى معظم الحالات تطوير لغة الأوامر والاستجابات التى تعرف باسم «بروتوكول»

protocol، أى الإجراء المعيارى لتنظيم نقل المعلومات بين أجهزة الكمبيوتر. وبعض أنواع المنتجات لها بروتوكول معيارى تستخدمه تقريبًا كل الشركات، لذلك فإن الأوامر الصادرة إلى أحد تلك المنتجات، سوف يكون لها عادة نفس التأثير على بقية المنتجات، وتندرج المودمات تحت هذه المجموعة.



أما بقية أنواع المنتجات، فإنها تتحدث بلغتها الخاصة، بمعنى أن الأوامر الموجهة إلى إحداها بالذات، سوف تبدو غريبة أو غير مفهومة عند استقبال غيرها لها. وتندرج الطابعات ضمن تلك الفئة.

ولقد أدركت الشركات الصانعة للكمبيوترات وأجهزة اللهو والتسلية، وغيرها من الأجهزة الإلكترونية الرقمية، ذلك العدد الكبير جدًا من الكابلات وأطراف التوصيل المستخدمة لمنتجاتها، والذى يجعل من الصعب حتى على الفنيين المتخصصين التركيب والضبط التام للجهاز من أول محاولة.

والحقيقة أن تركيب وتشغيل الكمبيوترات وأجهزة التسلية المنزلية، صار فائق التعقيد، بحيث أصبح مشترى الجهاز مطالبًا بفهم وتذكر عدد كبير من التفاصيل اللازمة لتوصيل الأجزاء ببعضها البعض. ولكى تصبح أجهزة المنزل الإلكترونية الرقمية، ممتعة ومفيدة فعلينا أن نجد طريقة أفضل

لجعل كل الأجهزة الإلكترونية الرقمية فى حياتنا المعاصرة «تتحدث» إلى بعضها البعض. ويبين لنا ذلك مدى أهمية التوصل إلى تقنية البلوتوث.

ولكن لماذا سميت تقنية البلوتوث بهذا الاسم؟ تسألنى فأجيبك: كان «هيرالد بلوتوث» ملكًا للدانمارك فى أوائل القرن العاشر، وتمكن من توحيد الدانمارك وجزء من النرويج فى مملكة واحدة. وقد ترك وراءه أثرًا تذكاريًا ضخمًا، هو حجر عليه كتابة ورسومات تخليدًا لذكرى والديه. واختيار اسمه لهذه التقنية الحديثة، يدل على مدى أهمية شركات منطقة البلطيق «التى تضم الدانمارك والسويد والنرويج وفنلندا» فى تصنيع معدات الاتصالات السلكية واللاسلكية، على الرغم من أن الاسم «بلوتوث» لا يعبر إلا عن القليل جدًا من طريقة استخدام تلك التقنية الحديثة.

## الخلايا الشمسية.. المستقبلية

أوشكت الطاقة الشمسية أن تصبح مصدرًا يعتمد عليه للطاقة. فقد ابتكر مهندسون كهربائيون أمريكيون، طريقة لصنع خلايا شمسية لو وضعت جنبًا إلى جنب مع الأجهزة الأخرى الحديثة، لأصبحت مصدرًا اقتصاديًا جدًا للطاقة المستقبلية.



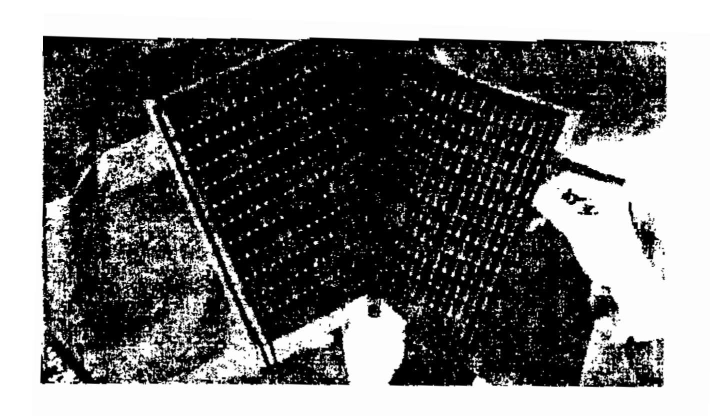
ويدفع ذلك العلماء إلى صنع نوعية جديدة من الخلايا الشمسية التى ليست فى نفس كفاءة المصادر التقليدية، ولكن أرخص منها بكثير وأكثر فائدة واستخداما. والمعروف أن الخلايا الشمسية solar cells (أو الخلايا الفوتوفلطية photovoltaic cells) تحول الضوء إلى كهرباء ويمكنها تشغيل الكثير من الأجهزة، من الحواسيب «الكمبيوترات» إلى الأقمار الصناعية. والخلية الشمسية عبارة عن خلية إلكترونية تتولد فيها قوة دافعة كهربائية بتعرضها للأشعة الضوئية.

## الخلايا الشمسية.. العضوية

فى كل دقيقة تطلق الشمس على كوكب الأرض قدرًا هائلاً من الطاقة، تكفى لاستهلاك كل سكان الأرض فى عام كامل! ولسوء الحظ فإن تحويل كل تلك الطاقة الشمسية المروّعة إلى كهرباء أمر مكلف للغاية وأكثر الخلايا الشمسية مصنوعة من مادة السليكون silicon، وهو عنصر لا فلزى ويوجد بوفرة فى القشرة الأرضية على هيئة ثانى أكسيد

السليكون (الرمل)، وهذا يحتاج مثله مثل رقاقات الحاسوب microchips إلى عمليات تصنيع صعبة، تتضمن استخدام غرفة نظيفة وحجيرات مفرغة من الهواء، ونتيجة لذلك فإن تكلفة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية تبلغ نحو أربع مرات قدر تكلفة توليدها بالوسائل التقليدية. والأخبار الجيدة هنا أن ثمة تطورات تُجرى فى الوقت الحاضر على قدم وساق فى مجال اللدائن plastics والتكنولوجيا النانوية nanotechnology من أجل صنع خلايا رخيصة ومرنة يمكن «رشها» على الجدران أو حتى طبعها على الورق أو الأقمشة!

وأحد العيوب فى الخلايا الشمسية التقليدية المعتمدة على السليكون، هو أنها صلبة. وعلى الرغم من أنه من الممكن زرع هذه الخلايا الشمسية فى الأقمشة إلا أن ذلك ليس هو الوضع الأمثل إذ أن الخلايا نفسها تظل صلبة حتى لو كان القماش نفسه مرنًا.

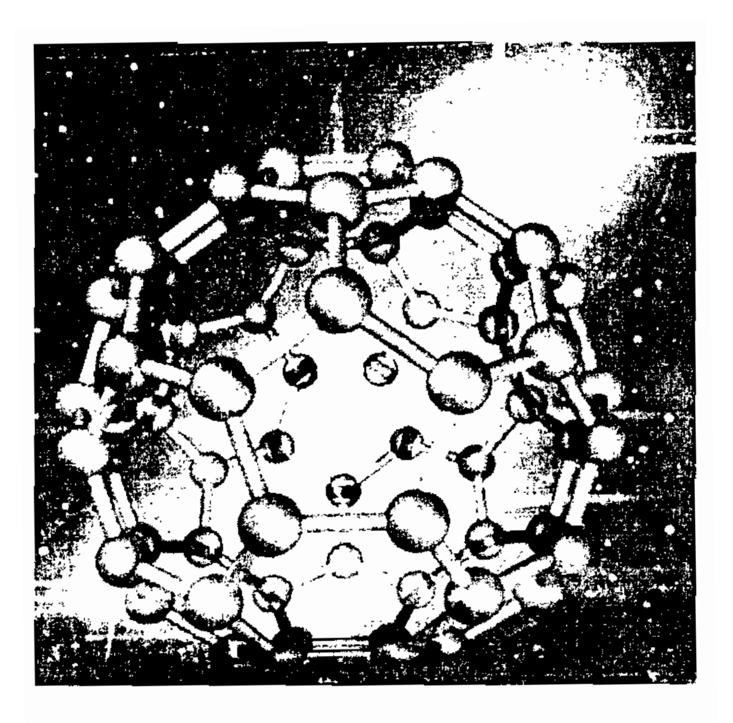


وتزيد الإلكترونيات المعززة لخلايا السليكون من تعقيد استخدامها فى المبانى والأجهزة المختلفة - كمكوّن إضافى add-on - تقوم بمهام محددة لكن ما الذى سيحدث لو كانت الخلايا الشمسية مصنوعة من مادة أخرى غير السليكون؟ تسألنى فأجيبك: إن الخلايا الشمسية الجديدة التى توصل لها العلماء مصنوعة من مواد عضوية Organic، وتتميز بأنها مرنة

وخفيفة الوزن وأرخص بكثير من الخلايا الشمسية التقليدية. وهى «عضوية» لأنها تتكون أساسًا من الكربون بيد أن العقبة الرئيسية أمام الخلايا الشمسية العضوية أن كفاءتها فى تحويل الضوء إلى كهرباء، أقل بكثير جدًا مقارنة بالخلايا السليكونية. ولكن المستقبل يحمل الكثير من الأمل لتطويرها.



تتكون الخلية الشمسية التقليدية من طبقة رقيقة شبه موصلة Semiconductive Film «مادة بلورية مقاومتها متوسطة بين الموصلات الفلزية والمواد العازلة»، محشورة بين قطبين كهربائيين Electrodes . وعندما يسقط الضوء على شبه الموصل تثار الإلكترونات القريبة بما يكفى، لأن «تخلع» نفسها من القيود الممسكة بها، تاركة وراءها «فجوات» Holes ويعمل مجال كهربائى مجهّز بين القطبين على حث الإلكترونات - التى تحمل شحنة سالبة، والفجوات التى تحمل شحنة موجبة - على التحرك إلى الطرفين المقابلين من الخلية الشمسية. وهذه عملية سهلة نسبيا فى أشباه الموصلات غير العضوية مثل السليكون، لكن فى حالة المواد العضوية فإننا نجد أن القوة التى تربط الإلكترون بالفجوة أكبر بنحو مائة مرة. وعلاوة على ذلك فإن المواد العضوية غالبًا ما تشكل «فخاخا» Traps - مثل متاريس الطرق السريعة - تعوق حركة الإلكترونات.



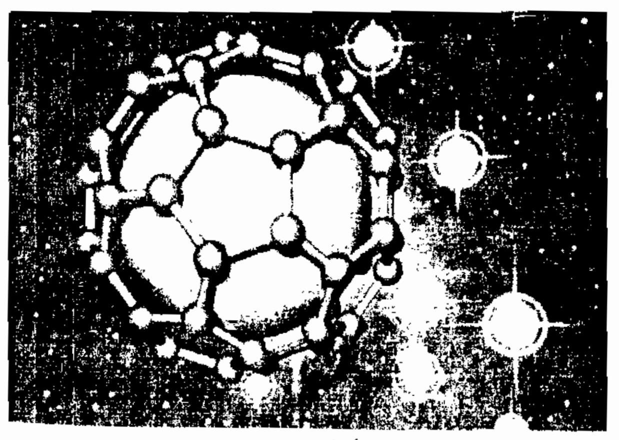
وعلى الرغم من تواضع كفاءة الخلايا الشمسية العضوية، إلا أن خصائصها الأخرى مثل المرونة وخفة الوزن والمتانة وقلة التكلفة، تجعلها جذابة إلى حد كبير هذا بالإضافة إلى

إمكان دمجها فى مواد أخرى بسبب طبيعتها المرنة.. بدءًا من الأقمشة إلى اللدائن «البلاستيك» إلى المواد التى تستخدم فى بناء السقوف Roofing. وثمة عقبة أخرى، هى أن المواد العضوية مثل البلاستيك تمتص ضوءًا أقل من الشمس، لكن هناك تطويرًا حدث مؤخرًا نجح فى تقليل الفارق فى الأداء بين الخلايا الشمسية السليكونية والعضوية. إذ بإضافة مادة كيميائية تسمى «بنتاسين» Pentacene «مادة عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين» إلى الكربون أو بتعبير أدق إلى «كرات باكى» Buckyballs «كرات مجوفة تتكون من ٦٠ ذرة كربون» المستخدمة فى صنع الخلايا الشمسية العضوية. تمكن الباحثون من رفع كفاءة هذه الخلايا العضوية التى تعدّ مثالية لبعض الأجهزة مثل أجهزة الإحساس عن بُعْد. ولو تصورنا أنك سوف تقود بعد عشر سنوات من الآن سيارة مزوّدة بخلايا شمسية على سقفها لإعادة شحن البطارية التى تُشغّلها، فإن هذه الخلايا سوف تكون عضوية. وهناك فريق من العلماء يفكر فى الجمع بين الخلايا الشمسية العضوية وغير

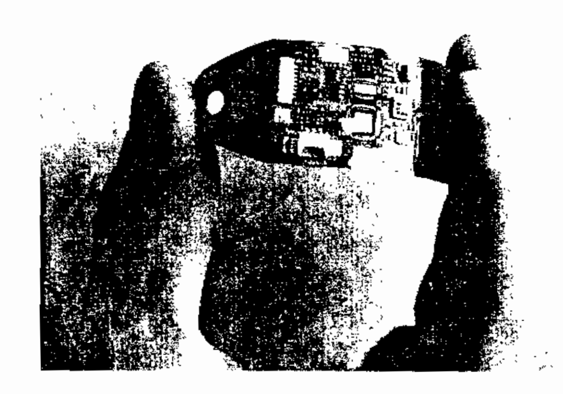
العضوية، حيث تمكّن هذا الفريق مؤخرًا من صنع خلايا شمسية، مكّونة من قضبان نانوية Nanorods يبلغ قطرها ٧ نانومتر «النانومتر واحد على بليون من المتر» وطولها ٦٠ نانومتر، مدمجة فى طبقة رقيقة من البوليمرات. «البوليمر» Polymer مركب كيميائى له وزن جزيئى كبير ينشأ نتيجة ترابط عدد من المركّبات ذات وزن جزيئى صغير. والفكرة هى الجمع بين مرونة اللدائن والكفاءة المؤكدة لأشباه الموصلات غير العضوية، ونظرًا لأن تلك القضبان النانونة «كل قضيب أرفع من قطر شعرة الإنسان بعدة آلاف من المرات»، يستفيد من الظواهر السائدة عند مستوى الكم Quantum Level حيث يزداد امتصاص ألوان معينة من الضوء بمعدل الضعف. ويمكن صنع الخلايا الشمسية العضوية بألوان مختلفة بحيث تصبح عناصر معمارية جذابة، فضلاً عن إمكانية جعلها شفافة. ومن ثم يمكن فردها على النوافذ وفوق أسطح المنازل ويمكن التحكم فى درجات

ألوانها بحيث تنفذ نصف ضوء الشمس الساقط عليها وتستخدم النصف الآخر فى توليد الكهرباء.

وقد انتجت أول خلية شمسية عام ١٩٨٦ وكانت كفاءتها ١٪، أى أنها حولت ١٪ فقط من الطاقة الضوئية الساقطة عليها إلى طاقة كهربائية. وبعد أن استخدم العلماء مركبات عضوية جديدة فى التسعينيات من القرن الماضى، زادت الكفاءة إلى حوالى ٥٪ ويأمل العلماء فى رفع الكفاءة إلى ١٠٪ فى غضون سنوات قليلة، مما يؤدى إلى أن تصبح تلك التكنولوجيا الحديثة جذابة للاستثمار التجارى.



وبينما تعتمد الخلايا الشمسية التقليدية على عناصر غير عضوية، مثل سبيكة نحاس أو «جاليوم» gallium «فلز ذو لون أبيض مائل إلى الزرقة» وسليكون. وهى مواد قد لا تكون متوفرة دائمًا، أما الخلايا الشمسية العضوية فإنها تتكون أساسًا من جزيئات. الكربون والهيدروجين والأكسوجين وهى متوفرة فى الطبيعة.



ويرى الباحثون أن الخلايا الشمسية العضوية يمكن أن تشغّل ألعاب الأطفال أو شاشات صغيرة مرنة بالإمكان فردها أو تقوم بإعادة شحن بطاريات الأجهزة المحمولة مثل الهاتف وغير ذلك. وبلا شك فإن تحويل طاقة الشمس إلى كهرباء - بواسطة مواد لا تسبب أى تلوث للبيئة - هو أمر رائع. ويأمل الباحثون فى أن تصبح الطاقة الشمسية عما قريب مصدرًا رئيسيًا للطاقة، يحل محل الوقود الأحفورى «النفط والغاز الطبيعى» فضلاً على أنه بمجرد تركيب الخلايا الشمسية فإن المستخدم سوف يحصل على الطاقة بعد ذلك على الدوام ومجانًا.

ويبقى بعد ذلك أن يأمل المرء فى الانتهاء من تطوير التقنيات الحالية، أو ظهور تقنيات علمية جديدة تمامًا بحيث يمكن زيادة كفاءة الخلايا الشمسية العضوية فى توليد الكهرباء مما يؤدى إلى استخدامها فى مختلف المجالات بما فى ذلك تشغيل الأقمار الصناعية.

# المحتويات